NOTES ET MÉMOIRES SUR LE MOYEN-ORIENT

Publiés sous la direction de M. Louis DUBERTRET,
Maître de Recherches du C. N. R. S., Chargé de Mission dans le Moyen-Orient.

TOME VII

CONTRIBUTIONS A LA GÉOLOGIE DE LA PÉNINSULE ARABIQUE

PAR

C. ARAMBOURG, M. CHATTON, M. CHENEVOY, L. DUBERTRET, R. G. S. HUDSON,
M. MORTON, J. SIGNEUX, J. SORNAY, M. SUDBURY ET R. WETZEL

MEMORIAL RICHARD ALLAN BRAMKAMP

PAR N. J. SANDER

CONTRIBUTION A LA PARASITOLOGIE AGRICOLE DU LIBAN

PAR Y. ARAMBOURG

Ouvrage publié avec le concours
de la Compagnie Française des Pétroles, Paris.

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, PARIS Ve

1959





I

CONTRIBUTIONS A LA GÉOLOGIE DE LA PÉNINSULE ARABIQUE

MEMORIAL RICHARD ALLAN BRAMKAMP

II

CONTRIBUTION A LA PARASITOLOGIE AGRICOLE DU LIBAN

NOTES ET MÉMOIRES SUR LE MOYEN-ORIENT

Publiés sous la direction de M. Louis DUBERTRET,
Maitre de Recherches du C. N. R. S., Chargé de Mission dans le Moyen-Orient.

TOME VII

CONTRIBUTIONS A LA GÉOLOGIE DE LA PÉNINSULE ARABIQUE

par

C. ARAMBOURG, M. CHATTON, M. CHENEVOY, L. DUBERTRET, R. G. S. HUDSON,
M. MORTON, J. SIGNEUX, J. SORNAY, M. SUDBURY et R. WETZEL

MEMORIAL RICHARD ALLAN BRAMKAMP

par N. J. SANDER

CONTRIBUTION A LA PARASITOLOGIE AGRICOLE DU LIBAN

par Y. ARAMBOURG

*Ouvrage publié avec le concours
de la Compagnie Française des Pétroles, Paris.*

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, PARIS V^e

1959

AVANT-PROPOS

(du Volume VII)

En continuant sous le nom de *Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient* et sous l'en-tête du *Muséum National d'Histoire Naturelle* cette publication originellement réservée à la géologie de la Syrie et du Liban, je me proposais d'y recevoir des études intéressant le Moyen-Orient et portant aussi bien sur la zoologie et la botanique que sur la géologie. Tel reste encore mon objectif.

Cependant, à côté de plusieurs mémoires géologiques, le présent volume ne comporte qu'une note sur les parasites agricoles du Liban. C'est que, depuis trente ans, la recherche géologique a été particulièrement intense dans le Moyen-Orient et que, grâce à son intérêt pratique, elle y a disposé de moyens puissants. Le travail réalisé par les géologues du pétrole s'exprime aujourd'hui par des publications nombreuses et sert de base à des publications internationales comme le Lexique stratigraphique international et la Carte géologique internationale du monde.

Les mémoires présentés dans ce volume concernent des lieux fort dispersés sur la Péninsule Arabique.

Le premier, dû à M. Chenevoy, traite de terrains métamorphiques, principalement des schistes amphiboliques et des quartzites que j'avais trouvés immédiatement sous les roches vertes (maestrichtiennes) au centre de la région du Bassit et du Baër, dans le NW de la Syrie (v. t. VI, p. 106 et fig. 16) ; après une visite des lieux, l'auteur les avait déjà brièvement décrits en leur assignant un âge précambrien.

Puis suivent des travaux des paléontologistes et géologues de l'Iraq Petroleum Company Ltd (I. P. C.), Londres.

R. G. S. Hudson, qui dans les tomes V et VI avait décrit des Stromatoporoïdes jurassiques du S et SW de l'Arabie, présente, dans ce volume, en collaboration avec M. Sudbury, une faune de Brachiopodes récoltée dans les calcaires permiens de l'Oman ; il décrit également, en collaboration avec M. Chatton, une formation calcaire jurassique à crétacée inférieure de la pointe de l'Oman.

Le mémoire de R. WETZEL et M. MORTON expose les résultats des prospections faites par ces deux géologues en Jordanie, pour le compte de l'I. P. C. — A. QUENNELL en avait déjà partiellement utilisé les conclusions. Le nouveau mémoire abonde en faits précis, bien établis et propose une nomenclature lithologique homogène couvrant toute la série stratigraphique, dont il faudra tenir compte pour la rédaction du Lexique stratigraphique de la Jordanie.

A l'occasion de voyages en Iran et au Liban, M. Camille ARAMBOURG, professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, avait récolté divers restes de Poissons et de Reptiles, les uns le long de la piste transdésertique Damas-Bagdad, près de Rutbah (Irak), d'autres dans la carrière de la cimenterie de Doumar près de Damas (Syrie), d'autres enfin dans l'exploitation des phosphates de Roseifa, près d'Amman (Jordanie). Ces matériaux sont décrits par lui-même, par J. SIGNEUX et par J. SORNAY ; ils complètent nos connaissances sur la paléontologie des Vertébrés du Moyen-Orient et fournissent des repères sûrs dans la stratigraphie quelque peu confuse du Crétacé supérieur de cette région.

La recherche des données stratigraphiques existantes sur ces terrains m'a conduit à rédiger quelques notes générales sur le Crétacé et le Nummulitique de la marge NW de la Péninsule Arabique.

Une courte note biographique expose la vie et l'œuvre de R. A. BRAMKAMP, géologue en chef de l'ARAMCO, décédé le 1er sept. 1958. Je remercie N. J. SANDER d'avoir contribué à honorer la mémoire de notre ami.

La note sur les parasites agricoles du Liban, qui clôt le volume, m'a été communiquée voici trois ans, par Yves ARAMBOURG, à la suite d'un séjour à la Mission agronomique française de Rayak (Liban).

La publication du présent volume a été largement aidée par une subvention accordée par la Compagnie Française des Pétroles. Je remercie vivement M. V. DE METZ, son Président et Directeur général, M. R. DE MONTAIGU, Directeur, enfin M. J. RONDOT, Président Directeur général du Centre de Documentation et de Synthèse pour leur appui et pour les encouragements qu'ils m'ont donnés.

Je remercie M. Roger HEIM, Directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle ainsi que les Professeurs de cet établissement qui ont bien voulu donner aux Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient le patronage du Muséum.

Mlles J. DROT, et G. GÉNISSON m'ont aimablement aidé à relire les épreuves de ce mémoire; je les en remercie sincèrement.

Mars 1959.

LE SUBSTRATUM MÉTAMORPHIQUE DES ROCHES VERTES DANS LE BAER ET LE BASSIT (SYRIE SEPTENTRIONALE)

PAR

Maurice CHENEVOY

I. — Introduction.

On sait l'importance que revêtent, dans la région de la Syrie située en bordure de la côte méditerranéenne, à hauteur du 40e parallèle, les roches éruptives basiques : gabbros, pyroxénolites, serpentines, diorites. Ces roches ont été tout récemment étudiées en grand détail par L. Dubertret (1953), et ce n'est pas elles que nous retiendrons, mais certaines formations qui, dans la région du Baer et du Bassit, paraissent par endroits leur servir de substratum. Je tiens à remercier ici L. Dubertret, grâce auquel j'ai pu les étudier sur le terrain, et qui a par ailleurs mis à ma disposition, avec une gentillesse dont je lui sais infiniment gré, tous les matériaux, concernant cette question, qu'il avait en sa possession.

Le Baer et le Bassit correspondent aux deux districts les plus méridionaux du grand complexe des roches vertes qui se développe largement vers le nord, au-delà du cours inférieur de l'Oronte, dans la chaîne de l'Amanus. Ces roches vertes constituent la partie méridionale de la chaîne, comprenant le Kizil Dagh et le Kara Mourt, et se poursuivent vers le nord au pied du Taurus de part et d'autre de sa partie septentrionale appelée Giaour Dagh (fig. 1). L'un et l'autre sont géologiquement très complexes, en raison des nombreuses failles qui les accidentent ; il est de ce fait assez délicat d'y reconnaître les relations existant entre les roches vertes et les formations sédimentaires qui les encadrent. Ces relations sont les suivantes :

— Au nord du Baer et du Bassit, les roches vertes sont dominées par les reliefs calcaires du Djebel Akra. Le plongement de ces calcaires, qui ont été reconnus partie jurassiques, partie infracrétacés, paraît se faire *sous* les péridotites, dont le substra-

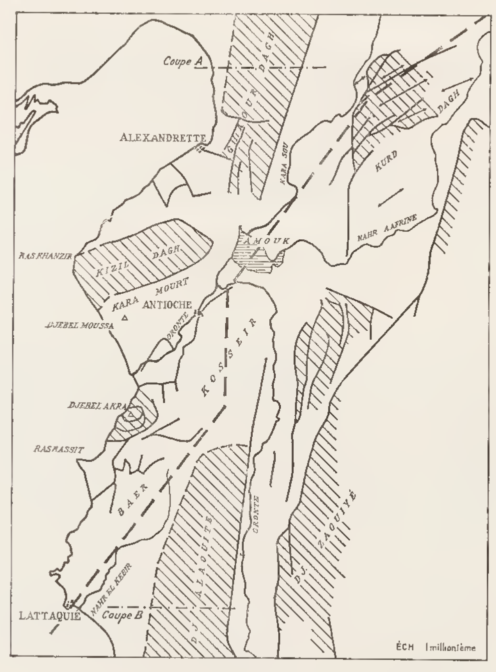


FIG. 1. — SCHÉMA TECTONIQUE DU NO DE LA SYRIE ET DU HATAY. En *hachures*, les principaux reliefs. D'après L. DUBERTRET (1953).

tum serait ainsi, au moins dans une certaine mesure, mésozoïque ainsi qu'on l'observe ailleurs. Il en serait de même au sud pour les formations secondaires du Djebel Alaouite.

— Au sud-est du Djebel Akra, sur le pourtour de la cuvette d'El Ordou, on observe la transgression du Maestrichtien sur les roches vertes, dont le moment de mise en place est ainsi situé avec précision dans l'échelle des temps.

En règle générale donc, les roches vertes reposent à leur pourtour sur du Mésozoïque ; on s'en rend compte chaque fois que leurs contacts avec les formations sous-jacentes sont visibles. Aussi est-il d'autant plus inattendu de trouver, en plein cœur du Bassit, des pointements certes limités de roches bien différentes, d'abord attribuées au Primaire (L. DUBERTRET, 1947), puis reconnues récemment métamorphiques (M. CHENEVOY, 1952) ; c'est là, écrit L. DUBERTRET (1953), « le signe de quelque renouveau, difficile à préciser, dans la structure profonde, puisque depuis le nord de la Syrie jusque dans le sud de la Jordanie, le granite et le métamorphique ne se montrent nulle part ».

La présence de ces roches soulève de nombreux problèmes qui, pour être envisagés en toute connaissance de cause, demandent une étude approfondie de la nature même des diverses formations. C'est à cette étude que ces quelques pages sont essentiellement consacrées.

II. LE SUBSTRATUM ANCIEN DU BAER ET DU BASSIT : ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE.

« Entre le Djebel Akra et le couloir miocène du Nahr el Kebir, la largeur des roches vertes est de 12 km. De part et d'autre, des calcaires et marnes crétacés plongent sous la marge des roches vertes. Or, sur les 2/3 de la largeur de celles-ci est visible, au-dessous d'elles, un substratum constitué de terrains paléozoïques rappelant ceux du Giaour Dagh ou de terrains métamorphiques sans doute plus anciens (CHENEVOY, 1952) » écrit L. DUBERTRET (1953). La carte ci-jointe (fig. 2), empruntée au beau mémoire de cet auteur, indique l'extension des formations qui nous occupent, scindées en un certain nombre de pointements que surmontent directement les roches vertes, sans interposition de sédiments mésozoïques. Les pointements connus, qui se répartissent sur une aire d'environ 60 km², sont actuellement au nombre de sept, mais il est très vraisemblable que d'autres existent, qu'un levé au 20 000e permettrait de découvrir.

J'examinerai successivement les gisements de Beit Oueli Hassâne au nord-ouest du poste de gendarmerie de Qastel Moaf, du Djebel Ayourane à l'ouest de Karankoul, et de Turkmenli à l'est de ce même village, tous situés dans le Bassit à l'ouest de la

route Lattaquié-Antioche. Je dirai en outre quelques mots du gisement de Képir, à l'est de cette même route dans le Baer, à propos des relations existant entre les formations anciennes et les roches vertes.

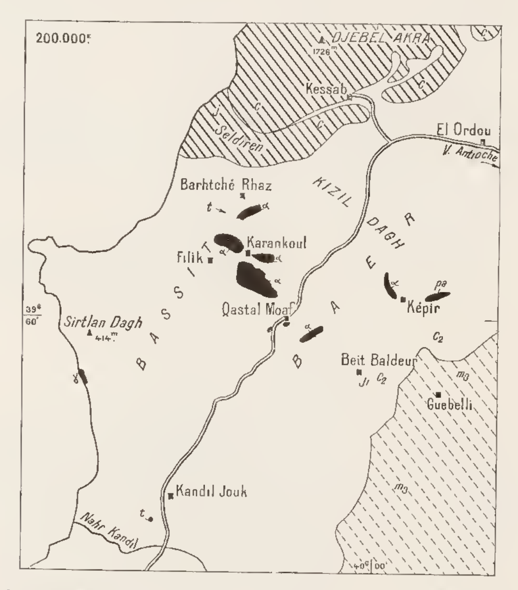


FIG. 2. — POINTEMENTS DU SUBSTRATUM ANCIEN SOUS LES ROCHES VERTES DU BASSIT ET DU BAER.

Hachures obliques : massif jurassique et crétacé du Djebel Akra, partie du substratum des roches vertes.

Tireté oblique : Miocène du couloir du Nahr el Kébir recouvrant le bord sud-est des roches vertes.

En noir, les pointements du substratum ancien sous les roches vertes.

D'après L. DUBERTRET (1953).

1. — *La série métamorphique de Beit Ouéli Hassâne.*

Cette série, la plus étendue, s'observe en descendant du poste de gendarmerie de Qastel Moaf vers le nord-ouest, en direction de Karankoul. Depuis la descente sur Beit Ouéli Hassâne jusqu'au ravin précédent Karankoul, soit sur plus de 2 km, affleurent des roches schisteuses ou massives, d'un vert plus ou moins foncé, lustrées, à aspect tantôt de chloritoschistes, tantôt d'amphibolites. Toutes ces roches sont fortement redressées ; malgré une tectonisation intense, elles montrent une direction constante NO-SE qui est, il convient de le souligner dès maintenant, parfaitement aberrante en cette partie du Moyen-Orient où ne s'observent que les directions N-S du Liban et de l'Anti-Liban, et SO-NE du Kizil Dagh.

On peut y distinguer quatre types pétrographiques principaux qui sont : des schistes amphiboliques, des calcschistes, des méta-basaltes encore bien reconnaissables au microscope, et un faciès curieux qui paraît être une brèche à ciment calcaire métamorphisée.

Les schistes amphiboliques.

Ce sont des roches vert noirâtre, schisteuses, à surfaces lustrées, qui rappellent fort certains schistes amphiboliques du Groupe de la Gartempe, en Basse Marche (Massif Central français), interprétés (M. Chenevoy, 1958) comme des tufs volcaniques basiques métamorphisés.

Au microscope, elles montrent un fond à structure nématoblastique, fait de quartz très finement cristallisé et d'actinote en longues aiguilles ou fibres. Quelques prismes d'actinote atteignent 1 mm. L'épidote est disséminée en fins granules, ou concentrée en agrégats. De petites lamelles de biotite brun-vert, bien orientées, constituent l'élément dominant de certains lits, ou forment de petits nids. Magnétite et pyrite ne sont pas rares. L'ensemble, fréquemment affecté de plissotements, est recoupé par des filonnets de calcite largement cristallisée, non déformée, secondaire.

En résumé, il s'agit là de schistes amphiboliques à biotite, qui diffèrent de ceux de la Gartempe par la seule présence de calcite ; encore cette dernière est-elle, ici, secondaire.

L'analyse chimique que voici ne va pas d'autre part à l'encontre de l'hypothèse d'une origine semi-éruptive basique :

SiO_2	43.65
Al_2O_3	10.15
Fe_2O_3	7.40
FeO	6.40
MgO	7.15
CaO	13.45
Na_2O	4.05
K_2O	0.70
TiO_2	2.15
P_2O_5	0.55
MnO	0.10
H_2O^+	4.10
H_2O^-	0 10
Total	99.95

Analyse nouvelle J. Onljac, Clermont-Ferrand, 1958.

Les calcschistes.

Luisants et d'un vert plus ou moins foncé sur la surface de schistosité « s » ondulée, ils présentent sur la tranche une alternance de lits clairs et sombres.

En lame mince, les lits sombres s'avèrent correspondre à un mélange intime, extrêmement fin, de quartz, d'un peu de calcite, de séricite et de chlorite, pigmenté d'une poussière noire très dense qui paraît être du graphite. La chlorite s'accompagne parfois d'un peu de biotite brun-vert, résiduelle, disposée en nids ou en filets.

Le constituant principal des lits clairs est la calcite, cristallisée en mosaïque. Il s'y mêle du quartz, de la chlorite et de la biotite en quantités variables. Quelques amandes sont exclusivement faites de calcite et d'albite, cette dernière de néoformation, maclée, parfaitement fraîche et peu orientée. Des filonnets de calcite secondaire recoupent enfin l'ensemble.

Les phyllites sont généralement bien orientées et, même dans les parties massives, confèrent à la roche une schistosité nette.

Ces calcschistes dérivent très probablement de schistes argilo-calcaires. La dominance alternante du quartz, de la calcite et de la chlorite, qui sont les trois éléments de base, traduit évidemment d'amples variations de la teneur en composants calcaires, argileux et gréseux des divers niveaux du sédiment primitif.

Les méta-basaltes.

Ce terme s'applique à des roches à texture grossièrement schisteuse, massives, de teinte gris-noir plus ou moins foncé. Elles se débitent en plaques irrégulières à surfaces lustrées.

En lame mince, leur nature volcanique primitive ressort avec clarté. On y voit un fond très fin, à base de plagioclases altérés dont beaucoup sont en forme de microlites, riche aussi en menues paillettes de chlorite et de séricite et en facules de calcite, saupoudré enfin d'un pigment métallique dense. Dans ce fond nagent des phénocristaux automorphes de labrador, bien maclés, en partie séricitisés et calcitisés, et souvent fragmentés. Phénocristaux et microlites feldspathiques sont très régulièrement orientés, conférant à la roche une structure fluidale nette qui est conforme à la schistosité, concrétisée par l'alignement des lamelles phylliteuses.

Aucun minéral ferro-magnésien primaire n'est visible ; mais des « nids » faits, partie de chlorite, partie de calcite, peuvent en être la trace.

Quelques lits de la roche sont imprégnés de calcite ; ce même minéral constitue, avec du quartz également secondaire, des poches ou des filonnets.

On a affaire là à une ancienne roche effusive — la structure fluidale nous l'indique de nature andésitique ou basaltique. L'analyse chimique que voici nous renseigne sur ce dernier point :

SiO_2	44.20	*Report*	85.30
Al_2O_3	11.75	K_2O	1.35
Fe_2O_3	4.90	TiO_2	1.55
FeO	1.85	P_2O_5	0.30
MgO	7.0	MnO	0.05
CaO	11.60	H_2O^+	11.40
Na_2O	1.0	H_2O^-	0.25
A reporter	85.30	Total	100.20

Analyse nouvelle J. ORLIAC, Clermont-Ferrand, 1958.

C'est là la composition d'un basalte labradorique à olivine.

Les calcschistes à structure de brèche.

Un dernier type pétrographique mérite d'être signalé ; il s'agit d'une roche à texture schisteuse, verdâtre, dont les surfaces « s » luisantes et ondulées sont paillelées de biotite mordorée. Sur sa tranche, on distingue des fragments gris-vert, entourés d'un ciment plus clair, l'ensemble revêtant l'aspect d'une microbrèche.

L'étude microscopique confirme cette désignation ; on reconnaît en effet des fragments très finements structurés, de forme quelconque mais allongés dans la schistosité, qu'englobe un ciment à base de calcite.

Il n'est guère possible de préciser la nature originelle des fragments. De grain très petit, ils sont faits de quartz, d'un peu de feldspaths et de menues paillettes ou tâches de biotite verdâtre peu orientée ; le tout est saupoudré de granules d'épidote et de sphène et de quelques bâtonnets d'actinote. Certains plagioclases semblent résiduels, et des nids d'amphibole suggèrent d'anciens minéraux riches en fer : peut-être doit-on voir dans ces fragments d'anciens éléments pyroclastiques ?

Le ciment qui les lie est complexe. Y dominent :

— soit la calcite, en une mosaïque à structure large, à laquelle s'associent de la biotite verte, de l'épidote et de l'actinote ;
— soit cette même actinote, dont les longues aiguilles vertes s'ordonnent d'une manière souvent confuse. Un peu de quartz l'accompagne, et de l'albite. L'actinote se développe parfois aussi en prismes poecilitiques de grande taille dans les fragments, en même temps que l'épidote.

C'est la biotite du ciment, orientée, qui est à l'origine de la schistosité de la roche.

On pourrait interpréter ces calcschistes comme d'anciens tufs calcaires, à éléments pyroclastiques, tufs métamorphisés : c'est là une simple hypothèse, que l'existence prouvée de termes volcaniques dans la série renforce cependant singulièrement.

2. — *La série métamorphique du Djebel Ayourane.*

Le hameau de Karankoul est fondé sur la péridotite. Mais au-delà, vers le nord-ouest, toute la crête du Djebel Ayourane est, sur près de 1.5 km, faite de roches d'apparence encore plus métamorphique que celles qui constituent la série de Beit Ouéli Hassâne : quartzites à biotite, calcschistes à amphibole, amphibolites franches, redressés à la verticale, s'allongent là aussi en direction du nord-ouest.

Les quartzites.

Massifs, blonds ou blanc bleuté, gris violacé par places, ces quartzites se débitent en plaques épaisses à surfaces micacées striées de traînées séricíteuses.

Les minéraux qu'on y observe en lame mince sont :

— au premier chef, le quartz. Ses plages imbriquées à extinction roulante, de 1 à 2/10e de millimètre forment quelque 80 % de la roche ;
— la biotite et la muscovite, en quantités à peu près égales. Leurs lames, très fraîches bien que parfois tordues, se disséminent dans le fond quartzeux ; elles sont parfaitement orientées et responsables de la schistosité du quartzite ;
— l'albite-oligoclase, rare, non maclé ;
— le disthène et la sillimanite, le premier dominant. Leurs longs prismes sont souvent squelet-

tiques, partiellement transformés en agrégats micacés : ce sont les traînées séricitcuses visibles à l'œil nu ;
— la tourmaline brune et l'apatite ;
— la magnétite. Cet élément est particulièrement abondant, et sans doute responsable, avec le disthène, de la teinte bleutée de la roche.

De tels quartzites dérivent certainement de grès impurs, faiblement argileux et très pauvres en chaux.

Les calcschistes à amphibole.

Associées en épaisses intercalations aux quartzites précédents, ces roches se débitent en dalles minces : des lits clairs massifs et d'autres sombres, micacés, y alternent en effet finement. Elles rappellent, par leur texture compacte, plutôt un gneiss qu'un micaschiste.

Les lits clairs sont à base de quartz et d'oligoclase, cimentés par de la calcite en mosaïque. De longs prismes de hornblende verte s'associent, à certains niveaux, à de l'apatite, du sphène et de la magnétite, la teneur en quartz et calcite diminuant conjointement. L'épidote n'est pas rare, en poches ou filonnets discordants.

La richesse en calcite de ces roches ne peut faire douter de leur nature primitivement sédimentaire : elles doivent dériver, tout comme les calcschistes de la série de Beit Ouéli Hassâne, de sédiments argilo-calcaires, peut-être moins calciques et surtout plus magnésiens si l'on s'en rapporte à la relative abondance de l'amphibole.

Les amphibolites.

Ce sont des roches massives et pourtant bien orientées, très sombres, à cristallisation fine. Elles se montrent constituées pour 75 % de hornblende verte en prismes courts, intensément colorés et orientés ; et pour le reste, d'épidote en granules disséminés ou concentrés en lits, de sphène et d'apatite. Quelques globules feldspathiques non maclés sont à rapporter à l'oligoclase acide. Les prismes amphiboliques ont de 1 à 3/10e de millimètre.

On ne peut discerner la signification originelle de ces amphibolites : elles ne contiennent en effet aucun résidu. Mais l'analyse chimique ci-dessous nous apporte d'utiles renseignements :

SiO_2	42.90
Al_2O_3	13.00
Fe_2O_3	7.95
FeO	8.25
MgO	5.70
CaO	13.80
Na_2O	3.05
K_2O	1.30
TiO_2	2.80
P_2O_5	0.35
MnO	0.05
H_2O^+	0.70
H_2O^-	0.10
Total	99.95

Analyse nouvelle J. Orliac, Clermont-Ferrand, 1958.

C'est encore la composition d'un basalte à olivine, pas très différent du métabasalte de Beit Ouéli Hassâne. On peut donc penser que l'on a affaire, soit à une ancienne coulée basaltique, soit à des tufs de même chimisme. Cette dernière interprétation s'accorderait bien avec le passage, d'apparence transitionnelle, aux calcschistes à amphibole précédents.

3. — *La série métamorphique de Turkmenli.*

Regagnons, de Karankoul, la route Lattaquié-Antioche par le Djebel Daouchane : le sentier suivi se tient là, de nouveau, dans une série schisteuse dont les strates subverticales sont pareillement orientées NO-SE. Aux approches du village de Turkmenli, les assises métamorphiques disparaissent sous les roches vertes.

Leur diversité n'est pas moindre que dans les panneaux précédents : on y voit en effet des marbres phylliteux, des cipolins, des schistes amphiboliques et des amphibolites franches, enfin des roches compactes, litées, à aspect de gneiss, fort curieuses ainsi que nous le verrons.

Les marbres phylliteux.

Ce sont des roches à texture schisteuse, verdâtres, à plans de séparation séricitenx luisants.

La calcite y est largement prépondérante ; ses petites plages (1/2 mm) en mosaïque englobent de rares sections de quartz disposées en traînées discontinues, et d'albite. De loin en loin se différencient des lits phylliteux à base de mica blanc, de chlorite et d'un peu de biotite ; on y voit aussi de l'ilménite, et surtout de la pyrite, tandis que des granules d'épidote, peu nombreux, ponctuent le fond calcaire.

Il est inutile d'insister sur le caractère sédimentaire originel de ces roches.

Les cipolins.

Paraissant peu fréquents, ils sont associés aux marbres phylliteux dont ils ne diffèrent que par leurs teneurs moindres en minéraux phylliteux et en quartz.

La calcite qui les constitue presque exclusivement est crypto-cristalline, quelques sections atteignant de loin en loin une taille plus grande. Elle forme des lits épais de plusieurs millimètres, séparés par des traînées discontinues de paillettes de mica blanc et de biotite chloritisée. Le quartz est très dispersé, en petits globules noyés dans la calcite, amiboïdes.

Les schistes amphiboliques.

Ils rappellent, à l'œil nu, ceux de Beit Ouéli Hassâne : texture schisteuse accentuée, teinte sombre. En lame mince, ils montrent :

— une trame très finement cristallisée et plissotée faite de quartz, actinote en minces aiguilles orientées, albite et rares biotites chloritisées, le tout parsemé de grains de sphène et d'épidote ;
— de loin en loin des lits à grain plus gros, où la calcite apparaît en larges plages ; certains prismes amphiboliques y atteignent 1 mm ;
— enfin des nids faits exclusivement d'albite et de calcite syncristallisées.

La magnétite est fréquente.

Les amphibolites.

Abondantes dans la série de Turkmenli, les amphibolites y revêtent des aspects très variés : il en existe des types fins, purement amphiboliques ou amphibolo-feldspathiques, et des types à cristallisation plus large, feldspathiques, pyroxéniques ou non, parfois même remarquablement riches en grenat. Toutes ont en commun, sur le plan structure une orientation très marquée, sur le plan composition la même amphibole qui est ici, non de l'actinote, mais une hornblende.

Les *amphibolites fines*, massives, très sombres, sont particulièrement riches en amphibole : les petits prismes de hornblende verte constituent à eux seuls plus de 80 % de la roche. Cette hornblende s'accompagne d'un plagioclase altéré (andésine), de sphène, parfois d'épidote ou de biotite qui peuvent prendre les uns et les autres une grande importance. De la pyrite hématisée charge certains lits, aussi de l'ilménite. La structure est granonématoblastique.

Les *amphibolites à grain moyen* sont en général plus feldspathiques, et de teinte plus claire : plagioclases et hornblendes y sont aisément discernables à l'œil nu.

Certains échantillons montrent une alternance de lits à dominance de grenat, d'amphibole ou de pyroxène dans un fond de plagioclases spongieux, altérés, criblés de paillettes de chlorite et de granules d'épidote. L'amphibole est une hornblende verte un peu brunâtre, sans doute riche en fer, dont les prismes poecilitiques peuvent atteindre 2 mm et se grouper en amas. Le pyroxène est une augite d'habitus voisin, nettement colorée dans les tons vert d'herbe clair à vert-jaune, sans doute aussi hyperferrique. Le grenat squelettique, teinté de brun-rose, inclut du quartz. L'apatite est très fréquente, le sphène lancéolé abondant, l'ilménite concentrée à divers niveaux.

D'autres échantillons ne sont pas grenatifères, mais on y voit la même hornblende et le même pyroxène vert. La biotite est présente, parfois très abondante, souvent chloritisée. Le plagioclase est de l'andésine basique An 45, qui peut former la moitié de la roche. Le quartz est rare.

Il existe enfin des termes purement amphiboliques, sans trace de pyroxène ni de grenat : ce type est assez comparable aux « amphibolites à gros grain de Bel Air », dans la série de la Gartempe en Basse Marche (CHENEVOY, 1958), qui sont d'anciens gabbros.

Remarquons qu'aucune de ces roches ne contient de calcite, et qu'elles paraissent particulièrement riches en fer. Peut-être s'agit-il là d'ortho-amphibolites : anciennes roches grenues basiques (gabbros), ou bien laves ou tufs andésitiques ou basaltiques. L'absence de résidus et l'exiguïté des gisements ne permettent cependant aucune certitude.

Les quartzites à niveaux amphiboliques.

Ce sont des roches compactes, à aspect de gneiss, massives et se débitant en parallélipipèdes irréguliers, à lits alternant vert-noir amphiboliques et blanc-gris ou blanc verdâtre, de quelques millimètres à 1 ou 2 centimètres d'épaisseur.

Les lits clairs se montrent en lame mince constitués pour leur plus grande part par une purée de quartz dentelliforme orienté, englobant de rares « yeux » d'andésine assez peu déformés, et des sections rondes ou ovales d'un pyroxène vert d'herbe, semblable à celui observé dans les amphibolites : augite riche en fer, si l'on s'en rapporte à ses propriétés optiques.

Certains niveaux sont purement quartzeux ; d'autres assez riches en pyroxène, qui s'accompagne de grenat et est alors moins coloré. Le grenat est parfois très abondant, en gros cristaux squelettiques brun rosé ; il peut s'associer à de la calcite primaire. On observe enfin dans quelques

échantillons des résidus d'hypersthène, ainsi que de petites sections de microcline limpide mêlées au pyroxène vert.

Les lits sombres sont à dominance de pyroxène vert ou d'amphibole, avec andésine, sphène très coloré, apatite et magnétite. L'amphibole est une hornblende vert brunâtre, du type de celle décrite dans les amphibolites de la même série. Le quartz est absent.

Ces roches rappellent étrangement certaines « granulites » de Saxe. Mais leur litage parfait, qui s'accompagne parfois de véritables « structures entrecroisées », et les grandes différences de composition chimique existant entre les divers niveaux lithologiques, ne peuvent guère s'accorder qu'avec une nature primitivement sédimentaire : elles doivent représenter d'anciens grès à niveaux calcaires impurs (ou tuffitiques). Le faciès minéralogique est cependant étonnant, hautement métamorphique, et la structure cataclastique très particulière : il se peut qu'une haute pression d'origine dynamique ait été ici un facteur décisif dans leur réalisation.

III. — Les relations substratum ancien-roches vertes.

Le problème des relations existant entre les formations du substratum ancien et les roches vertes a été abordé, d'une part dans la région de Beit Ouéli Hassâne près Tchalqa Mali, à l'ouest de la route Lattaquié-Antioche, d'autre part dans celle de Képir, à l'est de cette même route. Le hameau de Képir est distant de Qastal Moaf de 5 km.

1. — *La zone de contact de Tchalqa Mali.*

Entre Beit Ouéli Hassâne et Karankoul, le sentier suivi recoupe à diverses reprises la limite péridotites-formations métamorphiques : le contact de ces deux ensembles est bien visible et parfaitement clair.

A hauteur du hameau de Tchalqa Mali, les formations métamorphiques sont redressées à la verticale et de direction générale NO-SE. Les péridotites serpentinisées reposent sur elles en discordance parfaite, sans trace d'écrasement. On constate simplement, entre la serpentine banale et les formations métamorphiques normales qui sont ici des schistes amphiboliques, l'existence d'une frange de quelques décimètres d'épaisseur d'une amphibolite massive et très noire.

La serpentine n'offre, en lame mince comme à vue, rien de remarquable : antigorite finement maillée, englobant des résidus de grandes plages diallagiques visibles macroscopiquement.

L'amphibolite noire, très dense, est à peine schisteuse et largement cristallisée : ses éléments ont de 1 à 2 mm de long. En plaque mince, elle s'avère quasi exclusivement faite d'une hornblende brune à brun-vert nuancée parfois de vert franc — cette dernière teinte dominant au cœur des sections — très colorée et dispersive, la plupart du temps non orientée. Les seuls autres minéraux sont le sphène en nombreux cristaux lancéolés, l'apatite, et surtout l'ilménite et la magnétite. Quelques filonnets d'épidote recoupent le tout.

Cette amphibolite noire a été prélevée à une dizaine de centimètres du contact. Un échantillon, prélevé à 1 m, a l'aspect d'une amphibolite feldspathique banale. L'examen microscopique permet d'en déceler la seule particularité : l'amphibole y est une hornblende brune, encore qu'un peu plus claire, et à cœur vert ; certaines sections sont par ailleurs de très grande taille, et poecilitiques.

2. — *La zone de contact de Képir.*

A Képir, dans le Baer, les observations que l'on peut faire au contact immédiat des roches vertes et de leur substratum métamorphique sont rigoureusement les mêmes. La même frange d'amphibolite noire, massive, existe en effet au contact de la serpentine qui recouvre pareillement, en discordance, des amphibolites feldspathiques du type de celles de Turkmenli. En lame mince, cette amphibolite noire ne diffère pas de celle de Tchalqa Mali : même hornblende très colorée en brun ou brun-vert, à zonules centrales vertes, fortement dispersive ; même abondance de sphène, d'apatite et de magnétite ; la seule variante tient à la présence, par endroits, d'îlots verdâtres, peu biréfringents, d'antigorite, semble-t-il. L'orientation de la roche est grossière, conforme à celle des métamorphites normales.

Rappelons qu'aucune trace d'écrasement n'existe à la limite serpentine-amphibolite. L. Dubertret a récemment souligné ce fait : « A Képir, dans le Baer, des pointes d'amphibolites montent dans les péridotites ; le contact, visible à moins de 10 cm près, ne porte aucune trace d'effort mécanique » (1953).

3. — *Modifications chimiques dans la zone de contact.*

Afin de reconnaître l'existence éventuelle de modifications chimiques dans la zone de contact substratum métamorphique-roches vertes, des analyses ont été effectuées sur l'amphibolite noire de Tchalqa Mali et l'amphibolite feldspathique banale qui, au microscope, ne diffère guère des amphibolites à grain moyen de la série de Turkmenli que par son amphibole brune à cœur vert. Voici leur résultat avec, pour comparaison, la composition de deux échantillons de péridotites serpentinisées qui constituent la base même du corps des roches vertes, et celle de l'amphibolite du Djebel Ayourane :

	1	2	3	4	5
SiO_2	42.90	51.0	41.40	43.80	42.10
Al_2O_3	13.0	16.80	8.15	0.90	1.50
Fe_2O_3	7.95	2.65	7.65	3.0	0.70
FeO	8.25	3.70	8.90	1.75	1.10
MgO	5.70	9.10	12.30	45.00	43.90
CaO	13.80	7.75	13.10	0.60	0.35
Na_2O	3.05	1.75	2.85	0.30	0.10
K_2O	1.35	2.25	0.55	0.25	0.10
TiO_2	2.80	0.60	2.70	0.20	0.25
P_2O_5	0.35	tr	0.70	0.25	0.01
MnO.	0.05	tr	0.05	0.11	0.08
H_2O^+	0.70	1.25	0.75	1.30	3.20
H_2O^-	0.10	0.10	0.20	0.30	0.18
Total	99.95	99.95	99.30	100.76	99.57

1 = Amphibolite banale du Djebel Ayourane. An. nouv. J. Orliac, 1958.
2 = Amphibolite à grain moyen de Tchalqa Mali. An. nouv. J. Orliac, 1958.
3 = Amphibolite noire de Tchalqa Mali. An. nouv. J. Orliac, 1958.
4 = Péridotite à enstatite (n° 440, *in* L. Dubertret, 1953).
5 = Péridotite à enstatite (n° 56, *in* L. Dubertret, 1953).

On voit immédiatement que l'amphibolite noire, très proche par ailleurs de l'amphibolite banale du Djebel Ayourane, s'en distingue par sa teneur en magnésie particulièrement élevée, que compense un faible pourcentage en aluminium : elle constitue ainsi, chimiquement parlant, un terme intermédiaire entre amphibolites normales de la série métamorphique et péridotites de la base du complexe des roches vertes. L'amphibolite à grain moyen de Tchalqa Mali vient se placer, au point de vue quantité de magnésium, entre l'amphibolite noire et les amphibolites normales.

Il semble ainsi que l'on puisse interpréter la frange d'amphibolite noire qui s'intercale très régulièrement, aussi bien à Tchalqa Mali qu'à Képir — et, nous le verrons plus loin, à Cav Court, 100 km plus au nord, selon toute vraisemblance — entre les péridotites, base des roches vertes, et les amphibolites du substratum cristallophyllien, comme une véritable *zone de transition* enrichie en magnésium, appauvrie en aluminium, comparable si l'on veut aux auréoles feldspathiques de certains granites intrusifs dans des formations schisteuses.

IV. — Conclusions a l'étude pétrographique : signification des formations étudiées.

Les trois séries envisagées de Beit Ouéli Hassâne, Djebel Ayourane et Turkmenli présentent un certain nombre de caractères communs :

— Il s'agit partout de *formations métamorphiques* : les transformations métamorphiques ont affecté l'ensemble des terrains, considérés comme anciens, qui servent ici de substratum aux roches vertes, et ce d'une façon homogène. L'intensité des déformations tectoniques a d'ailleurs été telle que, parfois, sous l'action de ces déformations et d'une altération profonde, les formations métamorphiques ont acquis secondairement un faciès sédimentaire.

— Ces transformations relèvent d'un *phénomène de métamorphisme général* : les roches qui en résultent sont parfaitement orientées, et témoignent d'une cristallisation dans des conditions de tension sous triple étreinte qui sont propres au métamorphisme général. L'orientation des minéraux ainsi formés est parallèle à la stratification et au litage, et donc antérieure aux déformations tectoniques des assises.

— On ne peut d'aucune manière — et j'insiste sur ce fait — voir dans la recristallisation des terrains, primitivement sédimentaires pour la plupart, le produit du métamorphisme de contact des roches vertes. Tous les caractères pétrographiques des roches en cause s'y opposent, aussi bien que l'homogénéité des transformations. Mais un léger *métamorphisme de contact* existe cependant, en relation avec les roches vertes et qui superpose, sur une mince frange en bordure de celles-ci, ses effets à ceux du métamorphisme général : l'amphibolite noire en est le résultat, peu orientée et traduisant un enrichissement très local en magnésie au contact de la serpentine. La zone affectée a une épaisseur toujours faible, de quelques décimètres au plus, et elle se limite étroitement à l'éponte de la serpentine.

L'*intensité du métamorphisme général* varie légèrement d'un secteur à l'autre. Les deux séries du Djebel Ayoûrane et de Turkmenli appartiennent indiscutablement, par tous leurs caractères minéralogiques, à la zone des micaschistes inférieurs de J. Jung et M. Roques (1952) (zone mésométamorphique de Grubenmann) : les quartzites sont à biotite et disthène, les amphibolites montrent de la hornblende verte et du grenat, assez souvent du pyroxène, et leur plagioclase est déjà basique. La série de Beit Ouéli Hassâne, elle, est nettement moins métamorphique : ses schistes amphiboliques sont à base d'actinote fibreuse, et la chlorite y est encore présente tandis que le plagioclase est de l'albite ; les calcschistes sont principalement à séricite-chlorite plutôt que biotite ; on y trouve enfin des roches volcaniques à structure primaire conservée, tels les méta-basaltes. En bref, une légère mais nette diminution de l'intensité du métamorphisme en direction du Sud, du Djebel Ayourane à Qastal Moaf, est discernable ; près de cette dernière localité, le caractère sédimentaire des assises est mieux conservé, tandis que la chlorite subsiste largement aux côtés de la biotite.

La *nature des terrains* antérieurement à l'action du métamorphisme général ressort clairement dans le district de Beit Ouéli Hassâne : série à dominance sédimentaire, faite de schistes gréseux ou argilo-calcaires, avec des niveaux volcaniques effusifs (méta-basaltes) et peut-être tuffitiques (schistes amphiboliques) ; le calcaire est fréquent, à l'état dispersé, dans tous les niveaux.

Dans le Djebel Ayourane et à Turkmenli, il n'en va point différemment, semble-t-il : les sédiments gréseux, argilo-calcaires et même franchement calcaires prédominaient aussi, maintenant transformés en quartzites, calcschistes, marbres phylliteux et cipolins. L'origine des amphibolites est plus variée : si certaines, riches en calcite, sont sans doute « para », d'autres proviennent indubitablement de la recristallisation de roches éruptives basiques, de profondeur (gabbros) ou effusives (basaltes).

Sur le plan des déformations enfin, l'unité des divers affleurements reconnus dans toute l'étendue du Baer et du Bassit a été soulignée par L. Dubertret : sur plus de 60 km², à Képir comme à Beit Ouéli Hassâne, les formations métamorphiques montrent la même orientation structurale NO-SE, d'abord mise en évidence sur 1 500 m de longueur dans le Djebel Ayourane. Il s'y joint un redressement quasi constant des assises à la verticale, qui rend plus nette encore la discordance de base des roches vertes.

En conclusion, le substratum « ancien » des roches vertes dans la partie centrale du Baer et du Bassit est constitué par une série métamorphique unique. Cette série trouve son origine dans la recristallisation d'assises sédimentaires — pour la plus grande part — et volcaniques, sous l'action d'un métamorphisme général topochimique. La petite partie qui nous en est actuellement visible ne montre que des transformations de moyenne intensité, et se place toute entière dans la zone des micaschistes inférieurs, à l'extrême sommet de cette zone pour sa frange sud.

Les métamorphites ainsi édifiées furent ensuite violemment déformées, en une suite de plis serrés de direction NO-SE ; puis profondément érodées : c'est en effet sur leur tranche que reposent les péridotites serpentinisées, base du complexe des roches vertes. La mise en place de celles-ci s'accompagna d'ailleurs d'un très faible métamorphisme isotrope à leur contact immédiat, marqué par un enrichissement en magnésie des métamorphites du substratum sur une épaisseur de quelques centimètres.

V. — Place des formations métamorphiques dans l'histoire géologique.

Dès lors que nous avons reconnu la véritable nature du substratum ancien des roches vertes dans le Baer et le Bassit, se pose le problème de son âge.

La première hypothèse que l'on puisse faire est celle d'un âge mésozoïque. Plus au nord en effet, en Anatolie méridionale, certains auteurs dont E. Lahn (1953) ont décrit des terrains mésozoïques métamorphisés de type « pennique » et « grisonnide » : il y aurait là, sur plus de 400 km, des calcschistes, quartzites, phyllades et amphibolites associées à des roches vertes, qui seraient d'âge crétacé-éocène et côtoieraient des dépôts secondaires non métamorphiques. La présence de terrains mésozoïques métamorphisés s'expliquerait par l'existence de nappes de charriage de style et d'envergure « alpins », qui auraient provoqué une forte pression horizontale responsable des recristallisations. E. Lahn d'ailleurs attache une grande importance aux phénomènes de charriage, estimant en particulier que les roches vertes de Turquie ne sont point *in situ*, mais déplacées intensément au cours du plissement alpin (N. Pinar et E. Lahn, 1955). Précisons cependant que les idées de E. Lahn ne sont pas, semble-t-il, unanimement admises : I. Yalcinlar (1956) en particulier a découvert des Graptolithes dans des phyllades recouvrant les schistes cristallins du massif d'Akbabadaji (Turquie méridionale) dont les plis s'allongent, comme dans le Baer et le Bassit, du NO au SE.

Cette attribution au Mésozoïque de nos terrains métamorphiques est, à mon sens, à rejeter. Partout en effet, où l'on voit, dans le nord-est de la Syrie et le Hatay, les serpentines reposer normalement — et non tectoniquement — sur des sédiments secondaires datés, ceux-ci ne montrent aucune trace de métamorphisme dans leur masse. Rappelons d'ailleurs que dans le Baer et le Bassit même, les roches vertes contiennent de nombreuses « inclusions » de sédiments mésozoïques : Jurassique, Aptien, Cénomanien-Turonien et même Trias — qui n'est, chose curieuse, connu nulle part en place —; aucune de ces inclusions n'est véritablement métamorphisée, les seules transformations consistant en une rubéfaction marginale, une marmorisation dans le cas des calcaires, une vitrification dans celui des grès, sans aucun rapport de nature et d'intensité avec celles qui ont donné naissance à nos schistes cristallins, mais assimilables par contre à leur recristallisation et enrichissement en magnésie au contact de la serpentine. Remarquons enfin que le style tectonique du Mésozoïque et celui, bien plus violent, des métamorphites sont totalement différents.

La deuxième hypothèse que l'on est tout naturellement amené à faire est celle d'un substratum dévonien ou silurien.

On connaît en effet dans l'Amanus, à une centaine de kilomètres au nord du massif du Bassit, un ensemble de terrains paléontologiquement datés du Silurien et du Dévonien, qui constituent le cœur de Giaour Dagh ; ces terrains servent de substratum aux mêmes roches vertes.

Le Dévonien apparaît en très légère discordance sous le Mésozoïque, et comme lui tranquille et subhorizontal. Il repose en franche discordance sur de l'Ordovicien très plissé, dont les couches subverticales s'orientent à l'O-SO.

Nous devons à l'obligeance de L. Dubertret un certain nombre d'échantillons de ces deux ensembles, prélevés suivant une coupe faite du sommet du Migher Tépé à Hacilar, au bord de la plaine du Kara Sou. Ainsi que cet auteur les a décrits, il s'agit de schistes et de grès arkosiques pour la partie ordovicienne, de grès psammitiques, de schistes argileux, de calcaires à organismes — en particulier Crinoïdes — et de dolomies pour la partie dévonienne. Aucune recristallisation n'est décelable en lame mince dans ces formations : *le Dévonien et l'Ordovicien du Giaour Dagh ne sont pas, même faiblement, métamorphiques.*

Un tel fait rend, à mon sens, assez peu justifiée l'assimilation des roches métamorphiques du Bassit, avec les sédiments ordoviciens — et à plus forte raison dévoniens — du Giaour Dagh. Sur le plan des déformations d'ailleurs, il est à remarquer que la direction O-SO-E-NE, des assises ordoviciennes de l'Amanus est différente de celle, NO-SE, des métamorphites du Baer et du Bassit.

Encore pourrait-on répondre à cela que 100 km séparent les schistes ordoviciens du Giaour Dagh des roches métamorphiques du Bassit : les uns et les autres étant puissamment déformés, la distance entre eux avant plissements était sans doute bien plus considérable. Il n'est donc pas absurde de supposer que les mêmes formations ordoviciennes aient pu, au sud, subir les effets du métamorphisme général, y échapper au nord.

L'examen de certains matériaux de L. Dubertret, prélevés près d'Iskenderon (Alexandrette) soit à une dizaine de kilomètres seulement du Silurien du Giaour Dagh, me permet de considérer comme peu fondée une telle supposition.

Ces échantillons proviennent du ravin de Cav Court, à 5 km à l'E-SE d'Alexandrette et à 1 200 m du village noté Askarbey sur la feuille Antioche au 200 000e. Il s'agit, d'une part d'amphibolites orientées, banales, d'autre part d'amphibolites noires du type de celles de Tchalqa Mali et Képir.

Les amphibolites orientées sont, en lame mince comme à l'œil nu, indiscernables de celles de Turkmenli : même structure orientée cristalloblastique, litée parfois ; même composition minéralogique avec pyroxène vert d'herbe, hornblende un peu brunâtre, parfois grenat teinté, biotite. Les amphibolites noires ne se distinguent pas non plus de celles de Tchalqa Mali, ou de Képir : orientation inexistante, prédominance de la hornblende brune qu'accompagne la seule magnétite. *On a là, sans doute possible, affaire à un fragment du socle ancien déjà étudié dans le Bassit et le Baer, qui est à Cav Court pareillement et aussi intensément métamorphisé.*

Ces amphibolites, récoltées sous le village même de Cav Court, se situent d'après

L. Dubertret au contact de base des serpentines laminées qui, plus au nord, reposent partie sur le Crétacé, partie sur l'Ordovicien et le Dévonien non métamorphiques. Représentent-elles une remontée locale du substratum métamorphique, ou ne sont-elles que des fragments enclavés dans les roches vertes, ou remontés accidentellement ? La réponse, qu'une étude approfondie du gisement fournirait peut-être, n'a en fait aucune importance : quelle que soit la solution choisie, elle implique l'*existence, à proximité des schistes ordoviciens non métamorphiques, d'assises profondément transformées par le métamorphisme général et pétrographiquement identiques à celles qui, 90 km plus au sud, servent de socle aux péridotites.*

Nous voici logiquement amenés à envisager, pour la série métamorphique du Baer et du Bassit, un âge antésilurien : cambrien peut-être, ou infracambrien, ou plus grand encore.

Le Cambrien des affleurements les plus proches signalés, ceux de la mer Morte, n'est pas métamorphique : il est essentiellement fait de calcaires gris foncé, nullement recristallisés, où l'on a trouvé des Trilobites; structuralement d'ailleurs, il diffère totalement du substratum du Bassit. Mais il en est distant de plus de 450 km, et l'on ne peut, en aucune façon, préjuger de son comportement plus au nord. On ne peut ainsi exclure un âge cambrien pour la série métamorphique du Baer et du Bassit.

Vers le nord, et plus proche de cette série — à 100 km environ de Cav Court — des schistes cristallins affleurent en Turquie, dans le Taurus notamment. Si l'on s'en tient aux descriptions de A. Philippson (1918), reprises par C. Erentöz (1956), ils se rapprochent fort des nôtres par leur faciès. On ne connaît pas leur âge, mais on sait qu'intensément plissés, ils sont recouverts en discordance par des terrains non métamorphiques dont les plus anciens, également très déformés, ont été paléontologiquement datés du Silurien.

Il est superflu de souligner les analogies existant ainsi entre le Taurus et les régions du Baer, du Bassit et du Giaour Dagh : celles-ci se rattacheraient par leur tréfond au domaine des Chaînes tauriques, en constitueraient la zone bordière. Mais il n'est pas dans notre propos de reprendre la question, si controversée, de la limite septentrionale de la plate-forme syrienne. *Concluons simplement à l'existence, maintenant démontrée, d'une série volcano-sédimentaire ancienne affectée d'un métamorphisme général intense, en soubassement des roches vertes du nord de la Syrie, série que tout porte à croire antésilurienne, sans préciser davantage.*

Manuscrit remis en juillet 1958.

BIBLIOGRAPHIE

CHENEVOY, M. (1952). — Sur la présence d'une série métamorphique au nord de Lattaquié (Syrie). — *C. R. A. S.*, 234, p. 2087.

CHENEVOY, M. (1958). Les schistes cristallins de la partie NO du Massif Central français. *Mém. Expl. Carte géologique de France.*

DUBERTRET, L. (1936). — Stratigraphie des régions recouvertes par les roches vertes du nord-ouest de la Syrie. — *C. R. A. S.*, 203, p. 1173.

DUBERTRET, L. (1947). — Sur la limite nord du plateau syrien. — *C. R. S. Soc. géol. France*, 17 mars, p. 107.

DUBERTRET, L. (1953). — Géologie des roches vertes du nord-ouest de la Syrie et du Hatay (Turquie). — *Notes et Mém. sur le Moyen-Orient*, t. VI, Paris.

ERENTÖZ, C. (1956). — A general review of the geology of Turkey. — *Bull. Miner. Res. Expl. Inst. Turkey*, Ankara, 48, p. 40-58.

JUNG, J. et ROQUES, M. (1952). — Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, nº 235.

LAHN, E. (1953). — Sur la répartition des terrains mésozoïques métamorphisés dans les plis alpins de l'Anatolie (Turquie). — *Bull. Soc. géol. Fr.*, nº 9, p. 975-80.

PHILIPPSON, A. (1918). — Klein-Asien. *Handb. d. regionalen Géologie*, V, 2, H. 22.

PINAR, N. et LAHN, E. (1955). — Nouvelles considérations sur la tectonique de l'Anatolie (Turquie, Asie Mineure). *Bull. Soc. géol. Fr.*, V, 1-3, p. 11.

YALCINLAR, I. (1956). — Sur la présence de couches fossilifères paléozoïques dans le massif d'Akbabadagi (Turquie). — *C. R. S. Soc. géol. Fr.*, 14, p. 276.

TABLE DES MATIÈRES

PERMIAN BRACHIOPODA FROM SOUTH-EAST ARABIA

BY

R. G. S. HUDSON AND **Margaret SUDBURY**

(PLATES I-VI.)

RÉSUMÉ

Des calcaires permiens récemment découverts dans l'Oman, dans le SE de la péninsule Arabique, contiennent une riche faune de Productidés, comparable à celle du *Productus limestone* de l'Inde, de l'Asie sud-est, et de l'Australie. Ces calcaires représentent tous des incursions marines sur la marge septentrionale du continent de Gondwana. Ils se trouvent associés à des grès ainsi qu'à une formation à gros galets qui est considérée être une tillite.

La faune des calcaires à Productus se trouvant aussi bien au-dessous qu'au-dessus du niveau à galets est décrite dans ce mémoire. Elle est attribuée au Sakmarien et à l'Artinskien inférieur.

Les descriptions portent sur des Productidés, Chonetidés, Dielasmas et Spiriféridés. Les formes nouvelles suivantes sont créées : *Chonetes arabicus* n. sp., *Juresania omanensis* n. sp., *Marginifera tescorum* n. sp., *Productina* (?) *acinosa* n. sp., *Asyrinx haushiensis* n. gen. n. sp.

CONTENTS

INTRODUCTION

The extensive outcrops of Mesozoic and Palaeozoic rocks, discovered by the field geologists of the Iraq Petroleum Company in 1955, in the Northern Hugf of S. E. Arabia, include a considerable thickness of fossiliferous Lower Permian rocks. These can be generally correlated with the Permian of Central and N. E. Arabia and thus go far in completing our knowledge of the Permian stratigraphy of the Middle East. Their fauna, however, has much more than local significance since, by and large, it is of the same phase and approximately the same age as the various Productid faunas which, in India and Australia, are found as expressions of marine incursions on the northern fringes of Gondwana. This similarity to the marginal beds of Gondwana is emphasized by the occurrence, towards the lower part of the S. E. Arabian succession, of strata with numerous and large boulders of igneous rocks, beds which have been compared with the tillites common elsewhere on Gondwana and in its marginal facies (HUDSON, 1957). The importance of the determination of the age of these boulder beds justifies the detailed description of the faunas which occur both above and below them.

Most of the fossiles were collected by D. M. MORTON, D. J. SHERIDAN, M. CHATTON; some were collected by P. WALMSLEY and L. DAMESIN and by one of us (R. G. S. H.). Those described in this paper have been presented to the Dept. of Palaeontology, British Museum (Natural History), and are referred to in this paper by their registration numbers preceded by the letters BB.

The authors here record their thanks to those geologists of the Iraq Petroleum Company, in particular to D. M. MORTON and D. J. SHERIDAN, who discovered the section, mapped the area, and compiled the vertical sections. Permission to publish this paper has been generously given by the Directors and Chief Geologist (F. E. WELLINGS) of the Iraq Petroleum Company. The gastropods and lamellibranchs were identified by L. R. COX, and the foraminifera by M. CHATTON. A. K. MILLER and W. M. FURNISH (1957) identified the goniatites and R. GOLDRING (1957) the trilobites. Dr. H. M. MUIR-

WOOD discussed brachiopod problems and made available for comparison the collections of the British Museum (Natural History). To all the above the authors record their thanks.

FAUNAL STRATIGRAPHY

The fossils considered in this paper were collected from various sections of limestone, marl and sandstone, exposed beneath unconformable Jurassic near Haushi (lat. 21°02.3' : long. 57°36.2') and in the Wadi Lusaba area to the immediate north-east. The total thickness of these beds, which were measured and recorded by D. J. SHERIDAN, T. JAMESON, and G. R. COLLOMB, is estimated to be about 266 m, of which only 57 m, mostly limestone and marly limestone, are exposed. The lower part of the section becomes progressively covered by the desert sand and below the lowest bed recorded there are no exposures for some distance. There is, therefore, no information as to what extent the beds continue downwards or what, in the Haushi area, occurs immediately below them.

Most of the fossils were collected from the uppermost group of marls and limestones, in all 33 m thick, and here called the LUSABA LIMESTONE. Below this limestone, the section, from top downwards, is one of sandstones, marls, a boulder bed and two marked limestones. This group of beds is here called the HAUSHI FORMATION. As exposed near Haushi, it consists of the following :

6.7 m	Coarse-grained reddish brown sandstone, with grey, green or black marls or marl-partings. Ironstone nodules. Very micaceous to base.
124 m	Gap, with red and green salty marls in top part.
7 m	Metalegoceras Limestone, red to brown, sandy with abundant spirifers.
54 m	Gap, with occasional variegated sandstones and limestones, and some boulder beds.
5 m	Sandstone with igneous boulders.
5 m	Bellerophon Limestone, red to brown, sandy, fossils mainly mollusca.
31 m	Gap.
1 m +	Sandstone, thin-bedded, green.

Lusaba Limestone : This consists of an upper group, 6.8 m thick, of grey, green or brown marls, often gypsiferous, with thin brown limestones usually dolomitised and in the main composed of shell debris ; a middle group, 9.3 m thick, essentially thin-bedded shelly limestones, with marly partings and sometimes ripple marked ; and a lower group, 16.5 m thick, mainly grey marl-stone with thin bands of fossiliferous limestone. There is no significant difference between the faunas of these groups ; they are therefore listed together. The numbers in the list indicate the number collected of that particular species.

Foraminifera : *Agathammina* sp., *Ammodiscus* sp., *Endothyra* sp., *Geinitzina postcarbonica* SPANDEL, *Geinitzina* sp., *Globivalvulina* sp., *Hemigordius* sp., *Pachyphloia* spp., *Padangia* spp.
Crinoidea, *Fenestella*, *Polypora*, etc., abundant.
Brachiopoda : *Dielasma* sp., numerous ; *Chonetes arabicus* n. sp., numerous ; *Juresania oman-*

ensis n. sp., 26 ; *Juresania* sp. (brachial valve), 6 ; *Linoproductus 'cora'* (d'ORBIGNY), 7 ; *Linoproductus* sp. (brachial valves), 2 ; *Marginifera spinosocostata* (ABICH), 3 ; *M. testcorum* n. sp., 8 ; *Productina acinosa* n. sp., 6 ; *Asyrinx haushiensis* n. sp., 2 ; *Callispirina ornata* (WAAGEN), ?1 ; *Spiriferellina cristata* (SCHLOTHEIM), 1 ; *Derbya* and other strophomenids, common.

Lamellibranchiata : *Allorisma regularis* de VERNEUIL, 1 ; *Aviculopecten* sp., 2 ; *Blanfordina* ? sp., 2 ; *Edmondia* sp., 1 ; *Janeia* cf. *costellata* (McCOY), 1 ; *Lieba indica* WAAGEN, 2 ; *Nuculana* sp., 2 ; *Pseudomonotis* sp., 1 ; *Pteria* (*s. l.*) sp., 3.

Gastropoda : *Bellerophon* cf. *triangularis* WAAGEN, 1 ; *Bellerophon* (*Pharkidonotus*) sp., 1 ; *Bellerophon* spp., 1 ; *Bucanopsis* spp., 4 ; *Euomphalus* sp., 2 ; *Euphemites* sp., abundant ; *Murchisonia conjungens* WAAGEN, common ; *Murchisonia* spp., common ; *Soleniscus* (*Strobeus*) *mucronatus* (YIN), 1 ; *S.* (*S.*) cf. *ventricosus* (HALL), 1 ; *Worthenia* sp., common.

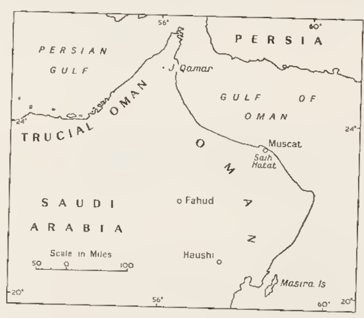


FIG. 1. — LOCALITY MAP OF EASTERN ARABIA (Scale : 1 : 10 millions).

Cephalopoda : *Mooreoceras* sp., common ; *Pseudohalorites arabicus* MILLER and FURNISH, 1 ; Pseudorthoceratids, common ; *Tainoceras* sp., 1.

Trilobita, etc. : *Pseudophillipsia lipara* GOLDRING, 39 ; *P. stealopyga* GOLDRING, 5 ; Ostracods, abundant ; Conodonts.

Metalegoceras Limestone : Though spirifers are abundant at one level, the fauna is mainly one of lamellibranchs and bellerophons.

Crinoids, etc.

Bryozoa : *Fenestella* ; *Leioclema* cf. *L. globosa* CROCKFORD [1] (Specimen PD 3588, Brit. Mus., Nat. Hist.).

Brachiopoda : *Dielasma* sp., 1 ; *Taeniothaerus* sp. cf. *Buxtonia* ? *punjabensis* REED, 1 ; *Asyrinx haushiensis*, ?1 ; *Neospirifer* aff. *moosakhailensis* (DAVIDSON), 18 ; *Pseudosyrinx nagmargensis* (BION), 24 ; *Pseudosyrinx* sp., 1 ; *Spirifer* (*s. l.*) *latus* McCOY, 2.

1. First described (CROCKFORD, 1957, pl. 14, fig. 2-4) from the Nura Nura Member of the Poole Sandstone (Artinskian), Western Australia.

Lamellibranchiata : *Astartella permocarbonica* TSCHERNYSCHEW, 1 ; *Myalina* sp., numerous ; *Nucula* sp., 2 ; *Procrassatella amarassiensis* (WANNER), numerous ; *Pseudomonotis* sp., common ; *Schizodus* sp., 4 ; *Stuchburia pallasi* (de VERNEUIL), numerous.

Gastropoda : *Bellerophon* cf. *triangularis* WAAGEN, 3 ; *Bellerophon* sp., 6 ; *Bembexia* sp., 10 *Meekospira* sp., 1 ; *Soleniscus* (*Strobeus*) *mucronatus* (YIN), 1.

Cephalopoda : *Metalegoceras hudsoni* MILLER and FURNISH, 1 ; Pseudorthoceratids, common.

Bellerophon Limestone[1] : The fauna of this limestone is essentially a lamellibranch-gastropod one similar to that of the Metalegoceras Limestone. No goniatites were found and the only brachiopods collected were spirifers.

Various borings and worm-tubes.

Brachiopoda : *Callispirina ornata* WAAGEN, 1 ; *Neospirifer hardmani* (FOORD), 1 ; *N.* aff. *moosakhailensis* (DAVIDSON), 7 ; *Pseudosyrinx nagmargensis* (BION), 8 ; *Spirifer* (?*Licharewia*) sp., 2 ; *Spiriferellina bilotensis* var. *curta* REED, 1 ; *S. cristata* (SCHLOTHEIM), 1.

Lamellibranchiata : *Astartella permocarbonica* (TSCHERNYSCHEW), 2 ; *Myalina* sp., 2 ; *Nucula* sp., 3 ; *Procrassatella amarassiensis* (WANNER), 6 ; *Pseudomonotis* sp., 3 ; *Pseudomyalina* sp., 1 ; *Schizodus* sp., 4 ; *Stutchburia pallasi* de VERNEUIL, common.

Cephalopoda : Various orthocones.

Gastropoda : *Bellerophon* cf. *triangularis* WAAGEN, 2 ; *Bellerophon* spp., common ; *Bembexia* sp., 3 ; *Murchisonia* sp., 1.

Faunal phase : The commonly occurring fauna in the limestones of the Haushi Formation is one dominated by *Bellerophon*, together with various mytiliform and nuculiform lamellibranchs and orthocone nautiloids. Such individualistic faunas occur in other Permian formations, notably the Bellerophon Limestones, and in the Carboniferous, as in the nuculid-Bellerophon-cephalopod marine bands of Scotland. In such faunas, corals (even the simple cornute forms), crinoids, bryozoa, and articulate brachiopods are generally absent (the robust spirifers and other brachiopods of the Haushi Formation are not part of such Bellerophon phasal faunas : they usually occur, almost to the exclusion of other forms, in the sandy marls). The controlling ecology of the Bellerophon faunas is not known.

Most of the Lusaba Formation consists of thin-bedded limestones (light-coloured and chalky because of incorporated marl) with abundant fossils, rarely more than a few mm across, on the bedding planes, the common forms being scaphopods, ostracods, crinoid ossicles, nuculids, and other small mollusca. Many of the fossils are worn. Occasionally the fossils on particular bedding planes are all one form, for instance, as ostracods. The assemblage is evidently a selective wash of coarse shell sand. Occasional limestones have a Bellerophon-phase fauna. The larger fossils occur mainly in the calcareous marls or, more rarely, isolated in limestones. They are mostly broken. They consist of Productids, mostly pustulose and spiny, *Chonetes*, bryozoa, ramose and fenestrate, and trilobites. The faunal phase is the characteristic Productid-bryozoa one, common in the Carboniferous in argillaceous limestones, and possibly occurring on basinal slopes.

1. It is possible that the Bellerophon Limestone is the Metalegoceras Limestone repeated by faulting.

AGE AND CORRELATION

Correlation : Permian strata outcrop in Arabia, both around the central massif (BRAMKAMP *et al*, 1956) and in the orogenic zone and foreland of the Oman Mountains (LEES, 1928 ; HUDSON *et al*, 1954). In addition to outcrop sections, several wells have penetrated to and beyond the Permian. Permian successions similar to those of Oman also occur in the foothills of the Zagros Mountains of Persia (DOUVILLÉ, 1904 , DOUGLAS, 1936 ; 1950) and in Armenia (ABICH, 1878 ; ARTHABER, 1900 ; OSWALD; 1906).

The various exposures of Permian in the Oman Mountain area include those at Jebel Qamar (HUDSON, BROWNE, and CHATTON, 1954) and Saih Hatat (LEES, 1928) in the orogenic zone, and at Jebel Hagab (HUDSON, McGUGAN, and MORTON, 1954) in the foreland facies. A recent wellboring at Fahud (text-fig. 1) also passed through Permian of foreland facies. By and large, the Permian succession consists of an upper series of limestones and dolomites, say 1 500 ft. to 2 000 ft., and a lower series, variously limestones, sandstones, and shales, say 500 to 800 ft. The upper series are generally accepted as Permian ; the lower series have been variously considered to be Carboniferous or Permian. The upper series are now considered to be of Permian (Artinskian) age : they contain *Parafusulina*, etc. below and *Neoschwagerina craticulifera* (SCHWAGER) above, and often an abundant fauna of such corals as *Iranophyllum* and *Wentzelella*. These upper series do not occur at Haushi. The lower series are now also considered to be of Permian (basal Artinskian and Sakmarian) age. They are represented at Haushi by the Lusaba Limestone Formation and the Haushi Formation.

In the J. Hagab area, the Hagil Limestone (262 m thick) and the underlying Bih Dolomites (625 m exposed) are considered to be of Permian age (HUDSON, McGUGAN, and MORTON, 1954). The Hagil Limestone contains the following foraminifera : *Agathammina pusilla* (GEINITZ), *Climacammina* sp., *Glomospira* sp., *Hemigordius* sp., and *Robuloides*. The lower part of the Bih Dolomites contain *Calcitornella* sp., *Geinitzina postcarbonica* SPANDEL, *Globivalvulina graeca*, *Glomospira* sp., *Hemigordius* sp., *Pachyphloia* cf. *multiseptata* LANGE, *Padangia* cf. *venosa* LANGE, and *Parafusulina* sp. with other fusulinids. This latter fauna is of Parafusulina age. In this section, the lower Permian beds are not exposed.

Similar beds of limestone and dolomite, probably about 2 500 ft. thick, were passed through in the Fahud boring. They variously contained fusulines and, about 900 ft. from their base, had a *Parafusulina* fauna. About 800 ft. below this fauna, an abundant brachiopod fauna was collected from about 25 ft. of core. It includes *Chonetes arabicus* (abundant), *Cancrinella cancriniformis*, *Juresania* cf. *juresanensis*, *Linoproductus cora* group, *Marginifera spinosocostatus*, and *Spirifer* (*octoplicata* group). It is of the same phase and approximately the same composition as that of the Lusaba Limestone and is correlated with it.

Correlation of the Lusaba and Haushi Formations can, however, best be made with the J. Qamar succession (Hudson, Browne, and Chatton, 1954). In this area Qamar Limestone (possibly 500 m thick) overlies Asfar Beds (? 150 m thick). The upper part of the Qamar Lmst. contains *Neoschwagerina craticulifera* (Schwager) and *Yabeina*, a fauna of the upper part of the Parafusulina zone : the lower part contains a fauna of the lower Parafusulina zone characterised by *Schwagerina*, *Pseudofusulina*, *Geinitzina postcarbonica*, etc. The underlying Asfar Beds are variously coloured mudstones and limestones with some sandstone; they contain a brachiopod-bryozoan fauna with *Bellerophon* and orthocone nautiloids, a fauna almost certainly the same as that of the Lusaba Limestone. The same succession holds for the Permian of the Zagros range. The faunas have been variously described by Douvillé (1904) and Douglas (1936, 1950). In particular the section at Gahkun (Douglas, 1936) compares with that of Oman. The main part of the section exposes massive black limestones with corals and fusulines, and is of Parafusulina age. Near the base is a brachiopod-bryozoan fauna which has been described by Douglas (1936, p. 9 ; 1950, p. 5) in some detail. The fauna is of considerable resemblance to the Lusaba fauna and can be considered as of approximately the same age. Similar faunas occur in the Baktiari country to the north of Gahkun (as Malukabad and Agha Saiyid, Douglas, 1936, p. 9 ; see also Douvillé, 1904). These faunas, originally considered by Douglas to be uppermost Carboniferous, were later stated to be lower Permian.

Around the Arabian central massif the Permian includes the Khuff Formation (235 m), mainly limestone, variously dolomitized, with shelly layers and with beds of marls. Above and below it are sandstone and shale groups assigned in part to the Permian. The fauna of the Khuff Formation has not as yet been adequately described : it is not possible, therefore, to assess the relationship of the Permian of Central Arabia to that of Haushi. It is worthy of note, however, that the Wajid Sandstone, the formation below the Khuff, contains, as do the Haushi Beds, horizons with large boulders of granitic and metamorphic rocks (Brankamp, *MS*).

Age : The fauna of the Lusaba-Haushi beds, especially the occurrence of *Metalegoceras* and *Pseudohalorites* and the Productid and Spiriferid and foraminiferal faunas generally, place them in the Permian. If the correlation of these beds with the lower part of the Permian succession of Qamar, Gahkun etc. is correct then they are stratigraphically near the base of or below the Permian Parafusulina stage (Artinskian), that is, they are either basal Artinskian or Sakmarian. The fauna has no marked links with those of the Productus Limestones of the Salt Range. It has, however, some similarity to that of the Agglomeratic Slates of Kashmir (Reed, 1932), beds which have been correlated with the Conularia-Eurydesma beds of the Salt Range. Both these groups of beds have been allocated to the Sakmarian.

Not only is the faunal assemblage of the Agglomeratic Slates generally similar to that of the Haushi-Lusaba Formations but they also have a number of forms closely similar : '*Syringothryris*' *nagmargensis* (Bion) is common to both and both have forms

similar to *Juresania juresanensis* (TSCHERNYSCHEW). Both faunas have similarities to those of Western and Eastern Australia (REED, 1932).

The fauna of the Metalegoceras Limestone differs little from that of the Bellerophon Limestone and the two limestones which span the boulder bed can differ little in age. The fauna of the Lusaba Limestone is very different, a difference which cannot be attributed to phase. Comparison of the stratigraphical succession at Haushi with those of the India and Australia mentioned above supports the faunal evidence that the Lusaba Limestone is Artinskian and that the Haushi Formation is Sakmarian.

The occurrence in the Haushi Formation of *Metalegoceras hudsoni* which MILLER and FURNISH (1957) consider has resemblances to *M. clarkei* MILLER from the Permian of Western Australia invites comparison of the Haushi-Lusaba succession, both lithological and faunal, with those of that area. There, by and large, a brachiopod-bryozoan phasal fauna occurs in the Fossil Cliff Formation and the underlying Holmwood Shale of the Irwin Basin, in the Callytharra Formation of the North-west Basin, and in the Nura-Nura Limestone of the Kimberly Division (for references see TEICHERT, 1941, 1951, 1952 ; CLARKE *et al*, 1951 ; THOMAS and DICKINS, 1954). *M. jacksoni* (ETHERIDGE) and *M. campbelli* (TEICHERT and GLENISTER, 1952) occur in the Holmwood Shale, and *M. clarkei* MILLER in the Nura-Nura Limestone. All the above formations variously overlie clastic rocks with tillites. The Fossil Cliff, Callythara, and Nura-Nura Formations are considered to be basal Artinskian (TEICHERT, 1941) or lower Middle Permian (MILLER and FURNISH, 1957) ; the immediately underlying beds are considered to be of Sakmarian age (TEICHERT and GLENISTER, 1952).

The greater part of these Australian faunas are as yet undescribed and a close comparison between them and the Haushi-Lusaba faunas must await their detailed description. Nevertheless it is possible to note that not only is the faunal assemblage of the Fossil Cliff Limestone remarkably similar to that of the Lusaba Limestone but that particular species are very similar, so much so that some might be no more than geographical variants.

SYSTEMATIC PALAEONTOLOGY

GENUS ***CHONETES*** DE KONINCK, 1842.

Chonetes arabicus n. sp.

Plate III, figures 6-16 ; Plate VI, figures 14-18 ; text-figure 2.

Material : Holotype BB 18545 (Pl. III, fig. 6), paratypes BB 18546-56 (pl. III, figs 7-16), and specimens on blocks BB 18557-60. All from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : The shell is usually about 6 mm long and 8 mm wide (the holotype is 7.1 mm by 9.6 mm and there are other specimens of this size). The hinge line is straight

and considerably shorter than the greatest breadth of the shell, which occurs about half-way along the length : the lateral and anterior margins are evenly rounded. The pedicle valve is moderately convex in the centre and the lateral parts slope gently to the ears, which are small and not distinctly marked off. The umbo is rather acute and overhangs the hinge line slightly but is not incurved. In most specimens a slight median depression can be seen, rather narrow in the posterior part but broadening out and often almost disappearing anteriorly. A few show no sinus at all. The ornament consists of fine radial lirae, 6-7 per mm along the anterior margin. No spines or spine bases have been observed either on the main body of the shell or along the hinge margin. Where the outer shell layers have been lost the pits in radial rows between the lirae are a conspicuous feature (pl. III, fig. 9 ; see DUNBAR and CONDRA, 1932, p. 135).

Specimens showing the interior of the pedicle valve are not common, but one (text-fig. 2 *a*) shows a wide delthyrium bordered by low triangular cardinal areas bearing a pair of blunt teeth. An unusual feature is the coarse denticulation along the hinge line. Other fragments expose a minute median septum less than 1 mm long in the umbonal cavity. There are no distinct muscle impressions but the usual radial rows of papillae, fine in the centre and becoming coarser towards the margins, are present.

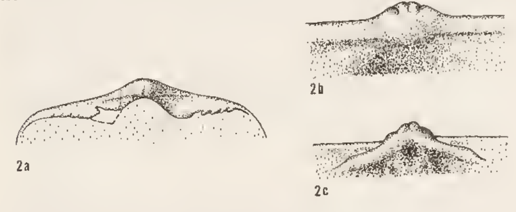


FIG. 2. — *Choneles arabicus* HUDSON and SUDBURY n. sp.

2 *a*, cardinal region of pedicle valve. Note denticulation on hinge line and trace of short median septum on beak. BB 18554, × 7.5 ;

2 *b*, cardinal process, reverse view, part of BB 18550 (pl. III, fig. 11) ; 2 *c*, cardinal process, normal view, part of BB 18553 (pl. III, fig. 16). Both × 15.

The brachial valve is gently concave in the umbonal region and flat on the ears. The areas are very small, almost linear, and the cardinal process is broad and low. The usual fine radial lirae, with pits between where the surface is worn, occur on the main part of the valve but the ears are completely smooth.

The internal surface reproduces these features as radial rows of papillae which die out laterally so that the ears are quite smooth. Only in one of the figured specimens

(pl. III, fig. 13) are there traces of denticulation along the hinge line, like that in the pedicle valve; in the others the hinge line is smooth. The cardinal process is low and broad and shows three lobes, the central one projecting more than the other two, and being bisected by a narrow median groove (text-fig. 2 *b*). It is supported by two prominent crural plates which extend along the ear-visceral disc boundary, but die out quickly after about 1 mm. Between these and the hinge line are the tooth sockets, and in the centre, anterior to the process, is a fairly deep circular pit.

In young shells this comprises the whole of the interior features, and it is only in the older specimens that other structures make their appearance. The best developed shell (pl. III, fig. 16) shows a median septum extending about one-half the length of the valve and two other low ridges running towards the antero-lateral margin, dying out about one-third along the length. A line of slightly bigger papillae curves forwards from the end of each crural plate, forming the usual productoid brachial impressions. These mature features are variable in other shells and may appear independently of one another; the brachial impressions are seldom seen and the muscle scars are indistinct.

Remarks: In several ways this species is similar to *Chonetes variolata* var. *baroghilensis* Reed (1925, p. 40); it has the same short hinge line and weak sinus in the posterior part of the shell which dies out anteriorly. However, Reed's species is considerably larger and has prominent irregular pustules on the inner surface of the umbonal slopes and the ears, in addition to the usual radial lines of small pustules common to most chonetids. The ears in *C. arabicus* are smooth and the median septum of the pedicle valve is shorter than in *C. variolata* var. *baroghilensis*.

The short hinge line is unusual in chonetids but is characteristic of some species from the Salt Range, e. g. *Chonetes squama* Waagen (1884, p. 626) and *Chonetes semiovalis* Waagen (1884, p. 632). However, both these are larger than *C. arabicus*; *C. squama* has a flat pedicle valve only 1 mm thick, and *C. semiovalis* has a marked median sinus.

The form from S. W. Persia, *Chonetes dereimsii* Douglas (1936, p. 36), is also somewhat larger than *C. arabicus*. It has a deeper sinus and the hinge line equals the breadth of the shell. From the same exposures Douglas (1950, p. 5) lists *Chonetes glabra* Geinitz (= *Lissochonetes geinitzianus* Waagen, 1884, p. 621). This also is different from *C. arabicus* in its smooth surface, in the presence of cardinal spines, in the hinge line which equals the greatest width of the shell, and in the sinus which is broad at the anterior (see Kozlowski, 1914, p. 52, and Dunbar and Condra, 1932).

Unweathered forms of *C. arabicus* (Pl. VI, figs. 14-18) occur abundantly in a Lower Permian fauna cored from depth at Fahud (see text-fig. 1). In these forms the lirae are slightly more conspicuous.

GENUS *JURESANIA* FREDERICKS, 1928.

Juresania omanensis n. sp.

Plate I, figures 1-4; text-figure 3.

Material : Holotype BB 18484 (pl. I, figs 1 *a-d*), paratypes BB 18185-87 (pl. I, figs 2-4), and other specimens BB 18488-18509. All from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : The shell is rectangular and of fairly small size. The length is usually about 2.5-2.7 cm but may reach 3.0 cm ; the width is generally somewhat greater, up to 3.2 cm. The hinge line is straight, extending almost to the greatest width of the shell.

The pedicle valve is moderately convex with steep lateral slopes meeting the fairly large ears at a definite angle. A median sulcus is absent or is merely represented by a slight flattening of the curvature of the shell. The fairly acute, small umbo overhangs the hinge line by only 5 mm or less, and the tip usually bears a well-defined cicatrix of attachment up to 3 mm in diameter, often with a smooth concave surface. There are small cardinal areas less than 1 mm high near the umbo, narrowing to nothing about halfway across the hinge line. They are separated by a shallow semicircular delthyrial notch.

Spine bases form the ornament of the valve. On the umbo they are slight pustules only, elongated in a radial direction and arranged more or less irregularly. Towards the anterior they gradually differentiate into two kinds :

a) the bases of thick spines which are always hollow proximally. They are usually broken off near the base but initially at any rate, arose at an angle of 30-15° to the shell surface;

b) the thin spines are seen as ridges below the surface of the shell for a short distance before they emerge as definite spines. They then run along the surface and so are better preserved, often a few mm and sometimes up to 6-8 mm long.

The differentiation between these two kinds is first evident about 1.5-2.0 cm from the apex of the beak, i. e. about one-third of the length of the shell in the larger specimens, to one-half or more of this length in the immature ones. It becomes more pronounced towards the anterior margin, where both thick and thin spines have been seen to extend some mm beyond the edge of the shell. The thin spines are several times more numerous than the thick. The latter are sometimes irregular in their arrangement, between 2 mm and 4 mm apart, occasionally more, with the thin spines scattered among them. Sometimes the thick spines are arranged more or less in concentric rings which may be from 6-9 mm from each other. In this case the thin spines occur in front of the thick ones and their arrangement is in more than one irregular row. The actual surface of the valve shows no concentric bands (except one, near the ante-

rior margin, pl. I, fig. 2 *b*) and only in some cases does the arrangement of the spine bases give any indication of a concentric effect. With a lens, however, faint discontinuous growth lines with a wavy outline can be seen. The spines on the ears are thick, long and hollow. They appear to arise from the shell at a fairly high angle and they point towards the cardinal extremities. They are numerous and closely packed and occur near to the hinge line although not actually on it. Internal characters of the pedicle valve have not been observed.

The brachial valve is shallowly concave, the median part being almost plane while the lateral and anterior regions are gently curved upwards, but there is no real trail. The tip of the umbo is formed by a completely smooth, convex region, about 2 mm in diameter, part or all of which may represent the protegulum. Slight elevations diverge from it towards the mid-point of the lateral margin on either side, dying out distally, and there may be a very slight median fold.



Fig. 3. — *Juresania omanensis* Hudson and Sudbury n. sp.

Part of pedicle valve to show thick and thin spines. Part of BB 18486 (pl. I, fig. 3), × 5.

The valve has an irregular surface owing to the presence of both pustules and hollows. The pustules are small, numerous, slightly elongated radially and bear short spines. These are usually thin and lie along the surface of the shell, but in the lateral and anterior regions a few slightly thicker spines can be discerned which arise from the shell at a high angle. The difference in the two kinds is nowhere so marked as in the pedicle valve, however. The hollows are more or less circular and often about 0.5 mm across. They occur irregularly among the pustules. Again fine wavy concentric growth lines can be faintly seen. Their direction in the auricular regions suggests that in the earlier stages of growth the hinge line was relatively short and the whole shell had a more rounded outline.

Only in the holotype has part of the interior of the brachial valve been seen. The surface is irregular, with 'moulds' which seem to represent the exterior hollows. On the ear some of these each bear 2 or 3 minute pustules without spines, and similar pustules are scattered over other parts of the valve. At the very edge of the shell only, circular pits are seen which lead into hollow external spines. There are apparently no brachial markings. The central part of the valve has not been seen so that information about the muscle scars and cardinalia cannot be given.

Remarks : The nearest forms are *Juresania juresanensis* (Tschernyschew, 1902, p. 276) and *Juresania nebrascensis* (Owen, 1852, p. 584). Unfortunately no specimens of *J. juresanensis* were available for study, but from Tschernyschew's description and

figures it seems that the two species are about the same size and have the same quadrate outline. *J. juresanensis*, however, has a blunter umbo which overhangs the hinge line further and in some specimens concentric markings on the shell are pronounced. There is also, according to the original description, a difference in the nature of the spines (TSCHERNYSCHEW, 1902, p. 277). Those on the ears are thin, whereas in *J. omanensis* they are thick. Also the large spine bases give rise to spines, directed obliquely to the valve surface, almost in a tangent plane'; the small, to spines 'almost normal to the valve surface'. In *J. omanensis* the small spines lie parallel to the surface. This latter is the case also in *J. nebrascensis* and was well described by MEEK (1872, p. 166). Tschernyschew was familiar with this description but he does not mention the difference and thought the two species very similar.

The two kinds of spines are thus the same in *J. omanensis* and *J. nebrascensis*, but in the latter differentiation begins earlier; the thick spines are also closer, and the rows, if they occur, are nearer together. Allied with this, perhaps, is the lack of concentric bands in *J. omanensis*. There are no thicker perpendicular spines on the brachial valve of *J. nebrascensis*. The form of the shell is different also, it being smaller by about 5 mm each way and having relatively smaller ears; the umbo is blunter and overhangs the hinge line more.

Juresania sp.

Plate II, figures 1-3; text-figure 4.

Material: Brachial valves, four complete, BB 18510-13, and two fragments, BB 18154 and 18542, all from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description: Brachial valves of which the internal surface only can be seen. They are small, up to 2.2 cm long (excluding the cardinal process) and 2.6 cm wide. The central part is flat and the anterior and lateral margins are curved so that the whole valve is concave. It has an oval outline with an apparently slightly curved hinge line and no ears, but since they are badly worn this appearance may be false.

The cardinal process appears small but was probably bigger; the best one is figured in text-fig. 4. The dorsal side shows clearly the trifid nature, the three lobes being separated by two rounded grooves running perpendicular to the hinge line and both the central lobe and the grooves being striated. The central lobe bears a short median groove proximally but this dies out as the striations become apparent. The ventral surface of the process is smooth. It is supported by two pairs of ridges, separated on each side by a gentle depression which probably appears as a lateral fold on the external surface. One pair of ridges runs along the (apparent) hinge line and the other is in the central region, each diverging from the mid line at about 15°. The muscle scars are best seen on pl. II, fig. 3; they are small, slightly raised, semicircular and dendritic. Also very faint traces of brachial impressions of the usual productid type are seen. Between the muscle scars a narrow ridge arises and extends forwards, for less

than one cm, as a very low median setum. The anterior and lateral regions are covered with numerous minute blunt pustules.

Remarks : The low median septum and the ridges supporting the cardinal process give the generic identification of these specimens, but since the ridges and the cardinal process are variable even within one species, specific determination cannot be made. The process seems to be less prominent than is usual (compare for example, DUNBAR and CONDRA, 1932, pl. 22, fig. 3), but this is probably due to weathering.

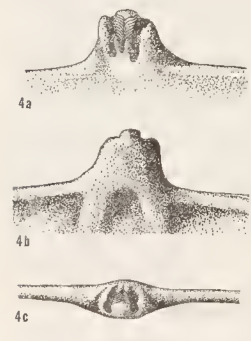


FIG. 4. — *Juresania* sp., cardinal process. Part of BB 18510 (pl. II, fig. 1), × 7,5. 4 *a*, reverse veiw ; 4 *b*, normal view ; 4 *c*, posterior view.

It is possible that they may belong to the species *J. omanensis* since both came from the same exposures, but this view involves two difficulties :

a) these brachial valves would fit only the smaller specimens of *J. omanensis* ;

b) the hinge line is apparently curved, whereas it is straight in *J. omanensis*. However, it is strengthened by a well-defined ridge (see above) which could be the marginal ridge described on p. 30 as diverging from the actual hinge line in *J. omanensis*. In which case the thin part of the shell posterior to this must have been worn away, together with much of the ears, giving the rounded outline now seen.

GENUS *TAENIOTHAERUS* WHITEHOUSE, 1928.

Taeniothaerus sp. cf. *Buxtonia ? punjabensis* REED, 1931.

Plate II, figures 4 *a-c*.

1931. *Productus* (*Buxtonia* ?) *punjabensis* REED, p. 11, pl. 3, fig. 3, 3 a, 3 b.

Material : Specimen BB 18515, from the Metalegoceras Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : A rather large shell with the following dimensions : length, 4.52 cm ; maximum width near anterior margin, 5.18 cm ; width of hinge line, 3.58 cm. The hinge line is initially straight and then reflexed in the auricular region.

The pedicle valve is strongly convex, with a steep posterior slope but a more gradual

anterior one. The lateral slopes are at first vertical but then curve into the ears which are small and somewhat convex. A sinus extends forwards from 15 mm in front of the umbo ; it is broad but fairly acute in cross section. The beak is strongly incurved and acutely pointed at the tip, bending over a fairly wide triangular delthyrial notch which spearates small cardinal areas about 1 mm high near the umbo, narrowing to nothing 10 mm along the hinge line. The surface is covered with scattered spines arranged more or less in concentric rows, especially towards the anterior ; they can be seen running below the shell surface as long acute ridges before they emerge at an angle of about 30°. Some of these ridges can be traced for 2 cm or more but most are about 1 cm long. The spines themselves are mostly not preserved, except on the lower lateral slopes and on the ears where they are crowded and up to 5 mm long.

The brachial valve is strongly concave. The central part which is almost flat slopes steeply up to the ears and almost vertically to the hinge line ; the anterior slopes are more gentle and there is a slight median fold. There are no cardinal areas. The trace of a median septum which does not bifurcate shows on the surface of the posterior vertical part. The valve surface is largely covered by matrix, but the ornament appears to consist of elongated pustules which on the visceral disc bear long fine spines. Internal features of the shell have not been observed.

Remarks : The size and general shape of this specimen correspond with those of the single specimen described by Reed (1931) as *Productus* (*Buxtonia* ?) *punjabensis*, but his specimen has a slightly shallower sinus and is not quite so wide at the anterior margin. It has no reflexed hinge line or cardinal areas as described above. The ornament is apparently similar to that of the present specimen.

The long recumbent spine bases, the crowded spines on the ears and the presence of small areas in the pedicle valve suggest that the Haushi form may be a *Taeniothaerus* (see Prendergast, 1943, p. 27). Perhaps the nearest described species is *Taeniothaerus subquadratus* var. *cracowensis* Hill (1950, p. 8), with its coarse ornament and heavy umbonal shoulders. It is, however, larger with a more globose pedicle valve and the radial ridges bearing the spines reach only 5 mm in length. Of the Indian forms described by Reed, *Productus* (*Taeniothaerus*) *permixtus* (1932, p. 12) and *Productus* (*Taeniothaerus*) *brenensis* (1932, p. 14) are both larger, more elongate, and have a slender, acute umbonal region : *Productus* (*Taeniothaerus*) *notabilis* (Reed, 1944, p. 75) and *Productus* (*Taeniothaerus*) *cotteri* (1944, p. 75) have a much finer ornament and a more acute umbo.

GENUS *MARGINIFERA* WAAGEN, 1884.

Marginifera spinosocostata (ABICH), 1878.

Plate II, figures 10 *a-c*; text-figure 5.

1878. — *Productus spinoso-costatus* ABICH, p. 41, pl. 10, fig. 6, 6 a, 6 b, 7, 10, 10 a.
1900. — *Marginifera spinosocostata* ARTHABER, p. 262, pl. 20, fig. 5 a, d, 6 a, [5 b, c, e, 6 b, c], [? pl. 20, figs 7 a, 7 c, 8]; *non* pl. 20, fig. 7 b.
1911. — *Productus (Marginifera) spinuloso-costatus* FRECH, p. 175, [pl. 27, figs 1 a, b], pl. 27, figs 2 a, b.
1915. — *Marginifera* cf. *spinosocostata* DIENER, p. 82, [pl. 8, figs 13 a-d, pl. 9, figs 1-a, b], pl. 9, figs 2 a-c.
1937. — *Productus (Marginifera) spinosocostatus* LICHAREW, p. 125 [pl. 10, fig. 37).
1936. — *Marginifera* aff. *spinosocostata* DOUGLAS, p. 34, pl. 4, fig. 7, [pl. 4, figs 7 a, b].

Material : Specimens BB 18516-18, from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : Small globose pedicle valves, with a straight hinge line extending almost to the greatest width of the shell. The best specimen is 15.5 mm long and 12.8 mm wide (pl. II, fig. 10). The valve is strongly convex, with steep posterior and lateral slopes, and a more gentle anterior one. There is no median sinus. The beak is acute at the tip and overhangs the hinge line slightly. The ears are very small, convex in shape.



FIG. 5. — *Marginifera spinosocostata* (ABICH).

Fragment possibly exposing marginal ridge at anterior edge. BB 18517, × 3.

The ornament consists of broad, ill-defined costae which run parallel with one another over the anterior part of the valve, while the umbonal region is smooth. The bases of thick, hollow erect spines are fairly abundant. They are scattered in an open, more or less quincuncial pattern, with a row of three or four along the junction of the ears with the lateral slopes. There are no spines on the ears or along the hinge line. In the anterior region fine concentric growth lines cross the costae.

Internal characters of the valve have not been observed, but a fragment, which shows the same ornament of costae and spines, has part of the edge of the shell thickened by prolongations about 1 mm deep on the anterior margin. This may represent part of a marginal ridge (text-fig. 5). The brachial valve has not been seen.

Remarks : The present specimens agree closely in general shape, and in the ornament with some of the figures given by Abich and other authors (see synonymy : figures outside square brackets are those most like the present specimens). Other specimens figured by Arthaber (1900, pl. 20, fig. 6 *c*) and Diener (1915, pl. 8, fig. 13 *d*), however, show distinct concentric folds in the umbonal region which are not present here. The

spine bases are perhaps somewhat more abundant than is usually found. The species is distinguished from *Marginifera tescorum* n. sp. by the absence of a median sinus, the faint costae, and the more abundant spine bases.

Marginifera tescorum n. sp.

Plate III, figures 1-5; text-figure 6.

Material : Holotype BB 18521 (pl. III, figs 3 *a-c*), paratypes BB 18519, 20, 22, 23 (pl. III, figs 1, 2, 4, 5), and other specimens BB 18524-26. All from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : Shells small, length usually round about 1 cm, the width somewhat greater, 1.2-1.6 cms. The maximum thickness occurs just anterior to the hinge line, and is between 0.5 and 0.6 cm. The hinge line is straight and occupies the greatest width of the shell. There are no areas on either valve, and no pedicle opening has been observed.

The pedicle valve is strongly convex, and the umbonal region is blunt, with a steep posterior slope which usually curves gradually over into the anterior part. In one or two specimens (e. g. pl. III, fig. 2 *b*) however, a more sudden change in the direction of growth is seen at the highest point of the valve, but this is not a true geniculation as defined by Muir-Wood (1928, p. 5), since it occurs well before the trail begins. The umbo projects only about a quarter of the total length of the shell beyond the hinge line. The beak itself is small and pointed. The ears are fairly prominent, convex in shape, and grade gently upwards into the umbonal slopes. Their lateral margins are rounded and frequently meet the lateral edge of the main part of the shell at a definite angle. There is a median sulcus, well marked and acute in cross section, but not deep, of a constant narrow width from the umbonal region to the anterior.

The ornament of the valve consists primarily of shallow costae which are indistinct in the umbonal region but run parallel with one another and become somewhat deeper as they extend right to the anterior margin. There are usually 6-8 of these on each side of the median sulcus, becoming fainter on the lateral slopes, so that the ears are smooth. A few faint wrinkles cross these costae in the umbonal region which also has a number of small scattered pustules. These become fewer but larger as growth proceeds and spine bases are rare on the anterior slopes. In the holotype (pl. III, fig. 3 *c*) there is a row of three spine bases at the base of the right cardinal slope while the left lacks any, and in another specimen (pl. III, figs 5 *c*, *d*) a similar row of three occurs on both sides, but in general the spines tend to occur in the central part and have no regular arrangement. Faint growth lines are seen crossing these costae and bending round towards the ears so that they are semi-circular in shape. At intervals towards the anterior margin a few lamellar thickenings sometimes appear, and these are particularly prominent where they cross the ears.

The brachial valve is gently concave in the median part, although in the bigger specimens where a certain amount of trail is formed, the whole valve has strongly concave appearance. A slight elevation separates the main part of the valve from the ears, which are also gently concave. Only in the anterior trail region is there a median fold which mirrors the sulcus of the pedicle valve. There are no spines on the brachial valve, and the ornament in general is less well marked. In some specimens shallow radial costae crossed by growth ridges at intervals can be seen towards the anterior. These ridges are best seen on the ears, which are otherwise smooth, and in one or two cases only have a somewhat lamellar nature (pl. III, fig. 4 *b*).

Internal features of the shell have not been observed. The largest specimen (pl. III, fig. 1) has the left ear and lateral margin missing, and the broken surface shows the appearance given in text-fig. 6. The flange-like structure seen in the anterior region probably represents a cross section of the marginal ridge, while the posterior part which was the visceral cavity is filled with large colourless crystals of calcite.

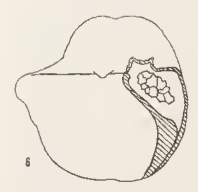


FIG. 6. — *Marginifera tescorum* HUDSON and SUDBURY n. sp. Diagram of BB 18519 (pl. III, fig. 1 *b*), × 3. Broken surface shows cross section of marginal ridge in brachial valve.

Remarks : The general shape and the evidence for a marginal ridge in the brachial valve indicate that this form belongs to the *Marginifera* group. The exact nature of the ridge, and whether there is one in the pedicle valve, is not known, so that distinction between *Eomarginifera* MUIR-WOOD, 1930, and *Marginifera* cannot be made on this basis. The spine bases have not the symmetrical arrangement typical of *Eomarginifera*, nor, generally, the radial rows common in *Marginifera*. It is not considered that the lamellar thickenings occasionally seen in the brachial valve are sufficiently constant, or well-marked, to justify an assignation to *Kozlowskia* FREDERICKS, 1933.

At the specific level a similar form is *Marginifera wabashensis* (NORWOOD and PRATTEN, 1854, p. 13) but *M. tescorum* is slightly smaller on the average and shows much larger ears with acute cardinal angles. The costae are considerably coarser than in *M. wabashensis*, approaching nearer to those of the form described as *Marginifera* aff. *spinosocostata* by DOUGLAS (1936, p. 34). These latter specimens, however, are larger than *M. tescorum* and have an umbo which overhangs the hinge line much further.

Genus *PRODUCTINA* Sutton, 1938.

Productina ? acinosa n. sp.

Plate 11, figures 5 *a-c*, 6.

Material : Holotype BB 18527 (pl. 11, fig. 6), paratype BB 18528 (pl. 11, figs 5 *a-c*), and other specimens BB 18529-32. All from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : Shells showing the exterior of the pedicle valve only. The valve is small ; the maximum dimensions seen are, length and width equal — 1.5 cm, but the holotype is smaller — length 1.16 cm, width 1.48 cm. The maximum width occurs near the straight hinge line. The shell is inflated and evenly convex, with a small acute umbo which hardly projects beyond the hinge line and is not incurved. The lateral slopes grade gently into the ears ; these are relatively large and slightly convex. The cardinal extremities appear rounded but from the faint traces of growth lines seen it is likely that the tips are broken. The anterior margin is evenly rounded. The ornament consists of rounded shallow radial costae, fairly coarse and separated by interspaces of equal width, so that they usually number 12 in 10 mm on the anterior margin, although they are somewhat finer in the holotype. The actual shell is lost in the umbonal region, but it seems to have been quite smooth there. The ears also are smooth except for a row of three spines diverging from the hinge line at a low angle (about 15°) and increasing in size towards the cardinal extremities. There are no spine bases on the main part of the valve.

Remarks : This species shows the characters of the genus *Productina* in its small size, its strongly convex pedicle valve without a sinus, its rounded costae, and the arrangement of its spines. It is therefore provisionally named as such although the genus has been previously found only in the Mississippian of North America.

Genus *LINOPRODUCTUS* Chao, 1927.

Linoproductus 'cora' (d'Orbigny), 1842.

Plate 11, figures 7-9.

1842. — *Productus cora* d'Orbigny, p. 55, [pl. 5, figs 8, 9, 10].
1884. — *Productus cora* Waagen, p. 677, [pl. 66, fig. 3, pl. 67, figs 1, 2].
1902. — *Productus Cora* Tschernyschew, p. 279, p. 621, pl. 35, fig. 1, pl. 54, fig. 1, [pl. 33, figs 2, 3, pl. 54, figs 2-5].
1914. — *Productus Cora* Kozlowski, p. 48, pl. 6, figs 3 a-c, 4 a, b, 5 a, b, [text-fig. 8, pl. 4, fig. 19, pl. 5, fig. 5, pl. 6, figs 1, 2, 6-10].

1927. — *Linoproductus cora* CHAO, p. 132, pl. 14, figs 1 a, b, [pl. 13, figs 17, 18, pl. 14, figs 2-4].
1937. — *Productus (Productus) cora, sensu lato*, LICHAREW, p. 101, [pl. 6, figs 1 2].

Material : Specimens BB 18533-39 from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : Pedicle valves only, fairly large, 4.0-4.5 cm long and somewhat greater in width. The shell is quite strongly convex, with a blunt umbo which does not extend more than a quarter to a fifth of the total length beyond the hinge line. The hinge is gently curved and slightly shorter than the greatest width, which occurs towards the anterior. The ears are mostly broken, but, in the best example (pl. II, fig. 9 *b*) are of moderate size, somewhat convex in shape and grade gently into the umbonal slopes. There is no real median sulcus but a shallow flattening of the central region of the valve is seen.

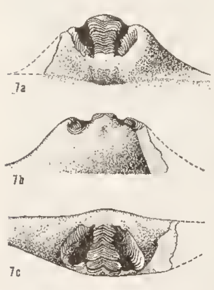


FIG. 7. — *Linoproductus* sp., Cardinal process, BB 18540, × 5. 7 *a*, reverse view : 7 *b*, normal view ; 7 *c*, posterior view.

The ornament consists principally of fine radial lirae, 13-17 per cm in the anterior region, which on the median part of the valve run more or less parallel with one another. Their number increases by intercalation, and the zones where this occurs are chiefly on the ears and lateral slopes. There may be one or two growth ridges crossing the main body of the shell. On the ears are four or more fairly strong, broad plications meeting the hinge line at about a right angle, but these die out on the lateral slopes. There are spine bases at infrequent intervals, often. especially towards the anterior, formed by the coalescence of three or four lirae. In one specimen two spines are preserved near the anterior margin. They are thick but hollow, with relatively thin walls, and arise at almost a right angle from the surface of the shell. The brachial valve and the internal features have not been seen.

Remarks : The true *Linoproductus cora* is a South American species, but forms similar in external characters from Russia (TSCHERNYSCHEW, 1902 ; LICHAREW, 1937), China (CHAO, 1927 ; GRABAU, 1936), India (WAAGEN, 1881) have been given the same name. A characteristic Tethyan species is *L. lineatus* (WAAGEN, 1884, p. 673) and KOZLOWSKI (1914, p. 52) regarded this as a synonym of *L. cora* since all gradations between the two exist. The extreme *L. cora* type is of a triangular form and shows no median sinus ; *L. lineatus* has almost parallel flanks and a marked sinus. The present specimens are nearer to the former. The synonymy gives a short selected list only, and the figures outside the square brackets show specimens which are most like the present forms.

Linoproductus sp.

Text-figures 7 *a-c*.

Material : Brachial valves BB 18540-41 from Lusaba Limestone (Lower Permian), Haushi, S. E. Arabia.

Description : Worn fragments of brachial valves which are gently concave, with a more or less straight hinge line. The cardinal process (text-fig. 7) is a low, wide pyramidal structure bearing on its postero-dorsal surface three lobes separated by divergent grooves. Fine transverse striations cover these grooves, the central lobe and the median sides of the lateral lobes, but the ventral surface of the process is smooth except for a small pit on the central lobe. The inner surface of the valve shows a low median septum which begins a few mm in front of the hinge line. On either side are large triangular muscle scars, 8-9 mm across, with coarsely dendritic markings. These are separated by slight depressions from the marginal ridges along the hinge line. The external surface shows slight traces of fine radial lirae.

Remarks : The cardinal process, while showing the general form common in *Linoproductus*, projects less than is usual and in particular has a much less outstanding central lobe. This may be because the specimens are worn, although the parts remaining still show the striations clearly.

GENUS *SPIRIFERELLINA* FREDERICKS, 1921.

Spiriferellina cristata (SCHLOTHEIM), 1820.

Plate V, figures 5 a, b ; text-figure 8.

1820. — *Terebratulites cristatus* SCHLOTHEIM, p. 28, pl. 1, figs 3 a-c.
1883. — *Spiriferina cristata* WAAGEN, p. 499, pl. 49, figs 3-7.
1955. — *Punctospirifer cristata* DUNBAR, p. 149, pl. 29, figs 13-20.

Material : BB 18562 from the Lusaba Limestone, BB 18563 from the Bellerophon Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : A pedicle valve, the interior filled with matrix, 9.5 mm long and 15.2 mm wide. It is rhomboidal in outline, evenly convex, with a slightly incurved, obtuse-angled umbo. The areas are concave, not very high, and bear traces of parallel longitudinal striae. The delthyrial opening is triangular, fairly narrow, and extends to the apex. No deltidium is present, but there are traces of grooves on each side of the delthyrium where it probably fitted.

The valve bears a deep median sulcus which broadens towards the anterior. This

has a flat basal part which is about 1 mm wide half-way along its length and makes a definite angle with the steep lateral walls of the sinus. It is bordered by well-marked sharp folds, three on the right and four on the left, decreasing in amplitude laterally. The furrows between them are also flat bottomed but narrower than the median sulcus. There are a number of concentric growth varices towards the anterior margin, and the whole surface is pitted by very fine punctae, 8-9 to a mm.

Most of the internal features cannot be seen, but the beginning of a pair of dental plates is observed on either side of the delthyrium (text-fig. 8). A second pedicle valve provides further information about the interior. It is 9.1 mm long and 12.6 mm wide. Part of the left dental plate is seen sloping towards the median line, and on the exterior the traces of both plates run along the furrows next to the median sulcus, but they extend only 1.2 mm from the apex. A median septum 5 mm long can be seen at the bottom of the sulcus, extending one-half the length of the valve. The brachial valve has not been seen.

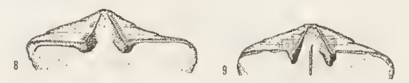


Fig. 8. — *Spiriferellina cristata* (Schlotheim), areas and delthyrium of pedicle valve. BB 18562, from the Lusaba Limestone. × 3 approx. Fig. 9. — *Spiriferellina bilotensis* var. *curta* Reed, areas, delthyrium, and median septum. BB 18565, from the Bellerophon Limestone. × 3 approx.

Remarks : Notable characters of these specimens are the high, angular costae, the flat-bottomed median sulcus, and the fine punctae.

Angular costae are a feature usually considered typical of *S. cristata*, and are shown by a number of Waagen's specimens from the Salt Range (1883, pl. 47, figs 3, 6) although the costae there are perhaps not quite so high. The present specimens are similar in this respect to *Spiriferina insculpta indosinensis* Mansuy (1914, p. 23, pl. 3, figs 3 *a-k*), but in the latter form the median sulcus also is angular and the pedicle valve is much more convex. The specimens from Greenland figured by Dunbar as *Punctospirifer cristata* (1955, p. 149, pl. 29, figs 13-20) have high but rather less angular costae. The flat-bottomed median sulcus was specifically mentioned by Schellwien (1892, p. 50) and Diener (1897 a, p. 41) as characteristic of the original *S. cristata* from the German Zechstein. Dunbar's specimens, however, have a more rounded sulcus. The punctae appear to be considerably finer than in most specimens of *S. cristata* : Waagen gives a figure of 4 to a mm, and Dunbar mentions that they are coarse (p. 149). There are 8-9 to a mm here. *Spiriferina multipunctata* Mansuy (1913, p. 71, pl. 8, figs 9 *a-c*) has 10-11 to a mm but has fewer, less acute costae than the present specimens.

Spiriferellina ? bilotensis var. *curta* Reed, 1944.

Plate V, figure 4 ; text-figure 9.

1944. — *Spiriferina (Spiriferellina) bilotensis* var. *curta* Reed, p. 245, pl. 32, figs 7, 17, 18, 20, 20 a.

Material : BB 18564 from the Bellerophon Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : A single pedicle valve, 10.7 mm long and 14.1 mm wide. Anterior margin complete and rounded on the left side, but slightly broken on the right. Hinge line straight extending to the greatest width of the shell. Valve gently convex, with a blunt umbo. Median sulcus U-shaped, widening towards the anterior but fairly shallow throughout. Five folds on each side, separated by V-shaped furrows. The folds have markedly flattened crests, which may be due in part to weathering, but the concentric lamellae can still be seen. Areas fairly small, low, triangular and somewhat concave. Transverse parallel striae extend across them, and there are vertical striae which are probably confined to the central part. Delthyrial opening bordered by a pair of narrow grooves, which probably accommodated the deltidial plates.

Interior of valve obscured by matrix but there are dental plates inclined slightly towards the centre (text-fig. 9). On the left only the posterior part extends to the floor of the valve, the anterior part being a parallel-sided flange about 1.3 mm wide. Short traces of dental plates occur on the exterior along the crests of the folds bordering the median sulcus. The interior shows a low median septum, extending forwards for about 5 mm from the apex, but there is no trace of this on the exterior. The outer surface shows regular concentric lamellae, about 9 in 5 mm. There are also numerous puncta, 8-10 to a mm, which occur on the areas as well, but not on the dental plates. The brachial valve has not been seen.

Remarks : The present specimen may be a young form, as it is smaller by 5-10 mm than the specimens described by Reed. In addition the beak is less acute, incurved and overhanging. The costae are the same in shape and number as those of Reed's (pl. 32, fig. 20 *a*), but the median sinus is somewhat shallower and widens slightly more rapidly. In this respect the present specimen is rather more like *Spiriferina (Reticulariina) transindica* Reed (1944, p. 251, pl. 33, figs 3, 3 *a-c*), as it is also in the shape of the umbo. However, *S. transindica* has much smaller, narrower areas and is more transverse, with a papillate ornament which is absent here.

GENUS *CALLISPIRINA* COOPER and MUIR-WOOD, 1951.

Callispirina ornata (WAAGEN), 1883.

Plate V, figures 6 *a-d*.

1883. — *Spiriferina ornata* WAAGEN, p. 505, pl. 50, figs 1 a-e, ? fig. 2.

Material : BB 18565 from the Bellerophon Limestone, ? BB 18566 from the Lusaba Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : One complete specimen, 10.5 mm long, 12.2 mm wide and 7.4 mm at the thickest part, just anterior to the brachial umbo. Hinge line straight extending almost to the greatest width of the shell. Pedicle valve rhomboidal in outline, moderately convex, with an acutely-pointed umbo. Median sinus V-shaped proximally but widens to a U-shape anteriorly, and forms a small lappet at the anterior edge. There are 4 folds on the left and 5 on the right which are acute in cross section, separated by narrow furrows. Areas fairly high and concave, bearing transverse striae parallel to the hinge line, about 0.1 mm apart. No vertical striae have been seen. Delthyrial opening triangular, extending to the apex of the shell. The deltidium is lost but there are grooves where it fitted along the inner edges of the areas, and the matrix indicates that it was a convex structure. Interior structures cannot be seen, but the worn exterior surface shows the trace of a pair of dental plates along the furrows next to the median sulcus on each side. They extend about one-quarter along the length of the shell. There is also an indication of a median septum, first seen about 1.5 mm in front of the tip of the umbo and extending forwards for some 5 mm as a thin strip of shell material.

Brachial valve moderately convex, umbo overhanging the hinge line only slightly. It has a strong acute median fold and laterally similar acute folds of smaller amplitude, 4 on the right and 3 on the left. On the right, where the shell is preserved, a low triangular area is seen, but no traces of parallel striae are visible. There is a low, wide notothyrium.

Surface of both valves covered with well-marked, fairly regular lamellae, about 9 in 5 mm measured along the crest of a fold. There are also numerous punctae (6-7 to a mm) abundant on the ventral cardinal areas as well as the exterior. They do not appear to be present on the dorsal cardinal area.

Remarks : The species has been described from a number of regions (e. g. Russia, NIKITIN, 1890 ; TSCHERNYSCHEW, 1902 ; Indo-China, MANSUY, 1913 ; Kashmir, DIENER, 1915), but the present form is closest to Waagen's original specimens from the Salt Range. The general shape, number of folds and ornament are similar, but this specimen is smaller than Waagen's by about 5 mm in length and breadth, and the valves are rather less convex. Also the median sinus is somewhat less deep and angular, but the costae are more acute, than the specimen in Waagen's figure (pl. 50, fig. 1).

Genus *PSEUDOSYRINX* Weller 1914.

Pseudosyrinx nagmargensis (Bion), 1918.

Plate IV, figures 1-11, text-figure 10.

1928. - *Spirifer nagmargensis* Bion, p. 27, pl. 2, figs 2-5 ; pl. 4, fig. 15 ; pl. 5, fig. 1.
1932. — *Syringothyris nagmargensis* Reed, p. 25, pl. 6, figs 1-4.

Material : A complete specimen BB 18567 from the Metalegoceras Limestone ; pedicle valves BB 18579-18583 and fragments BB 20164-20178 from the Metalegoceras and Bellerophon Limestones ; brachial valves BB 18568-18578 from the Metalegoceras and Bellerophon Limestones, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : One specimen showing both valves, largely an internal mould but with shell material preserved on areas and posterior part of pedicle valve, and in umbonal region of brachial valve. Length 1.99 cm ; width 4.31 cm ; maximum thickness (just in front of umbones) 1.87 cm. Hinge line straight, occupying greatest width of shell. Pedicle valve convex, bearing a well-marked median sinus, widening towards the anterior and probably smooth. Lateral slopes bear simple regular costae with interspaces equal in width, 14 on the right, probably 12 on the left. Apex of umbo somewhat acute and only slightly incurved. Areas high, triangular and slightly concave, bordered medially by vertical dental plates. On the right, near the hinge line, where unworn shell remains, there are striations running right across the area, parallel to the hinge line, and vertical striations in the central part. The fibrous, punctate shell is also seen here. Delthyrium extending right to apex of beak, with a small amount of callus in apical part.

Brachial valve less convex than pedicle valve, with a fairly high median fold. This bears a marked median furrow which begins just in front of the beak and widens only slightly towards the anterior. Lateral costae even, simple, 15 on the right, 13 on the left. Faint traces of growth lines occur near anterior margin, particularly on the median fold. Umbo only slightly incurved and notothyrium wide and low, so that there are virtually no areas. Cardinal process a broad, low structure with fine vertical striations. Narrow dental sockets run from it to the hinge line diverging at a high angle. On the left the mould is worn near the tip and shows a few turns of the spiralia 0.5 mm apart. A number of isolated valves can be closely compared with this single complete specimen. They are nearly all broken laterally and anteriorly, but most would probably have had proportions similar to the specimen described above. A few were more, or less, transverse, and on the whole rather larger. Most have the same number of ribs, 10-15, but one or two of the largest, most transverse ones have up to 20 ribs and they are more closely spaced. The shell is fibrous and punctate.

The pedicle valves show an acute, somewhat incurved beak, a wide high delthyrium

extending to the tip and high triangular areas bearing horizontal striations right across and vertical ones in the inner part (in one specimen only-others badly worn). No deltidium is preserved but there are traces of grooves which may have accommodated one along the inner edges of the areas. The other structures consist of a pair of dental plates, a transverse plate and callus, the relations of which will be seen in the figures (pl. IV, figs 2 *b*, 4 *b*) and the serial sections (text-fig. 10). At the tip of the umbo the dental plates diverge, reaching right to the floor of the valve, and the transverse plate is level with the areas (text-fig. 10 *a*). As growth proceeds the transverse plate drops below the level of the areas and the parts of the dental plates above this

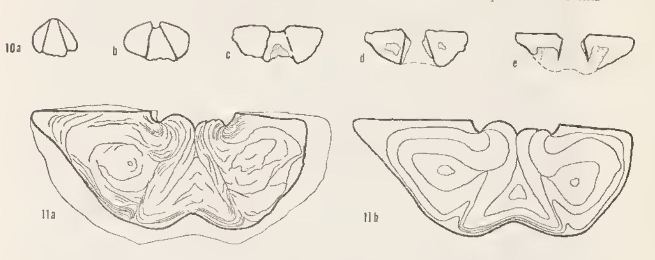


Fig. 10. — *Pseudosyrinx nagmargensis* (Bion), selected serial sections to show the dental and transverse plates. White areas inside shell = callus ; stippled areas = matrix. BB 21064, from the Metalegoceras Limestone. × 1. Fig. 11. — *Asyrinx haushiensis* n. gen. and sp., cross section of pedicle valve of paratype, cf. pl. II, fig. 3 *c*. BB 20182, from the Metalegoceras Limestone, × 1.5 approx. Fig. 11 *a*, drawing of traces of callus layers ; fig. 11 *b*, diagram of successive stages of callus deposition, much simplified.

slope inwards (text-figs 10 *b*, *c*). The transverse plate covers only about half the delthyrium and has a margin concave towards the hinge line (text-fig. 10 *d*; pl. IV, figs 2 *c*, 4 *a*). Beyond the point where it dies out the dental plates have a concave anterior margin, the upper parts reaching to the hinge edge and the lower parts extending along the floor of the valve as slight ridges round the muscle scars (pl. IV, fig. 2 *b*). The lateral cavities below the areas are filled with callus which was deposited in successive layers, and in transverse section shows a V-shaped surface. In thin sections made, the punctae can be seen extending for some distance into the callus. Callus also fills the central space below the transverse plate. There is no trace of a syrinx. In most specimens the part of the shell showing muscle scars is lost, but pl. IV, fig. 2 *b* shows that they were broad and marked by parallel striations.

In the brachial valves a furrow along the median fold can be clearly seen in several

specimens (pl. IV, figs 5, 6, 7); in others it is probably present but the shell is badly exfoliated. The interior shows a straight hinge line, slightly incurved beak and wide notothyrium (about one-half the total width) separating small low slightly concave areas with horizontal, but apparently no vertical, striations. Crural plates slope inwards from the medial edges of the areas, and project beyond the hinge line at the anterior where the spiralia have been broken off (pl. IV, fig. 8). Lateral to these are the long narrow grooves of the dental sockets. The cardinal process is a broad low structure bearing numerous vertical striations, immediately beneath the umbo. In all specimens the umbonal space bounded by the areas and the crural plates is completely filled with callus as far as the hinge line, and, in some cases, it extends in front of this, supporting the anterior extensions of the crural plates. It also supports the cardinal process by linking it on each side with the crural plates, and the vertical striations extend on to the callus as it grows. In the specimen figured on pl. IV, fig. 11 the crural plates are completely embedded in callus.

Remarks : In general the present specimens agree with the description of *Spirifer nagmargensis* given by Bion (1928, p. 27) in all but a few details. They are smaller, up to 7.2 cm only in width, whereas Bion's reached 12.6 cm. The median furrow widens only very slowly towards the anterior; this feature is variable in the Agglomeratic Slate specimens as can be seen from the figures (Bion 1928, *cf.* pl. 2, figs 2, 4 and 5). Most of the present forms have 10-15 ribs on each side, like those described by Bion and Reed (1932, p. 25) but one or two have finer ribs up to 22 in number.

Regarding the genus, the high areas and conical pedicle valve suggest *Syringothyris* Winchell, 1863, but Bion found no syrinx and placed the species in the genus *Spirifer*. Later Reed transferred it to *Syringothyris* on the basis of an internal mould which he believed to show the syrinx (1932, pl. 6, fig. 3) although Bion's material included internal moulds not showing it. In all the present specimens, of which several have been sectioned, there is no trace of a syrinx although the transverse plate is well developed. The cavity below the plate is filled with callus, but the sections showed the successive layers of deposition clearly, so that the syrinx cannot have been obscured. *Pseudosyrinx* Weller, 1914, was established for forms like *Syringothyris* in their high area, conical pedicle valve, smooth fold and sinus, punctate shell, and dental and transverse plates, but having no syrinx. The species *nagmargensis* is therefore assigned to this genus.

It is probable that genus *Pseudosyrinx* is much more widespread than the dozen or so described species would suggest and that some of the genera established by Fredericks (e. g. *Cyrtella*, Fredericks, 1924; *Pseudosyringothyris* Fredericks, 1916) are synonymous with it. Unfortunately it is not known whether these forms are punctate or not, and since there is another group, homologous with these but impunctate (*Spinocyrtia* Fredericks, 1916; *Platyrachella* Fenton & Fenton, 1924; *Eosyringothyris* Stainbrook, 1943, all Devonian forms) the synonymies cannot as yet be cleared up.

Pseudosyrinx sp.

Plate V, figures 1 a, b.

Material : BB 20208, from the Metalegoceras Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Right side and central posterior part of a pedicle valve, at least 3.0 cm long and 2 by 3.1 cm wide, probably larger when complete. Shell punctate. Valve conical in shape with almost flat lateral slopes and a shallow ? smooth median sinus. Umbo broad not incurved, the line where the lateral slope meets the area being somewhat convex. There are faint traces of about twelve lateral ribs but irregular concentric wrinkles on anterior part of shell are somewhat more marked. Hinge line probably straight, somewhat shorter than greatest width of shell. Area high, triangular, slightly convex, with traces of horizontal striations. Delthyrium wide, extending to apex of shell. Dental plate descends from inner margin of area to floor of valve, but has a concave anterior margin so that the upper anterior part is free and blade-like. A transverse plate joins posterior part of dental plate at a level below area, and also presents a concave margin towards hinge line. Space below transverse plate filled with callus, possibly also a small amount in lateral cavities. Low median septum present.

Remarks : There is no doubt from the apical structures that this specimen belongs to the genus *Pseudosyrinx*, but the unusual convex area and almost flat lateral slopes make it quite unlike any described species.

Genus ***ASYRINX*** n. gen.

Diagnosis : Punctate spiriferids, like *Syringothyris* in external form, with conical pedicle valve and high striated areas. Dental plates probably reach floor of valve near apex, but are free for greater part of length. No transverse plate or syrinx is present.

Genotype : *Asyrinx haushiensis* n. sp.

Remarks : At present only one species is known, represented by two specimens. In these the interior of the pedicle valve is filled with callus which makes a kind of roll round the edge of each dental plate and so largely fills the central delthyrial cavity (see description below). This may be, but is not necessarily, a diagnostic feature of the genus. The brachial valve is unknown.

Asyrinx haushiensis n. sp.

Plate V, figures 2, 3 ; text-figures 11 a, b.

? 1950. — *Syringothyris cuspidata* Douglas, pl. 3, fig. 10.

Material : Holotype BB 20181 from the Lusaba Limestone ; paratype BB 20182 (since partly destroyed by sectioning) from the Metalegoceras Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Two large, almost complete pedicle valves, one 7.4 cm wide and 6.0 cm long, the other 5.0 cm by 3.4 cm. The shell substance is fibrous and punctate. Valve conical, with rounded lateral slopes and an acute beak slightly incurved at the tip. Median sinus begins at the umbo and widens anteriorly, shallow, V-shaped and apparently smooth. Lateral ribs simple, shallow, rounded, with equal interspaces, about 15 on each side. Anterior half of shell also bears irregular concentric lamellae. Hinge line straight, extending almost to the greatest width of the shell. Areas very high, triangular, punctate, bearing traces of transverse striations. Delthyrium large, wide, extending to the apex. Dental plates narrow sloping slightly inwards, free at anterior end. Cavities below areas almost completely filled with callus. This also occurs in the central cavity but there is no transverse plate or syrinx [1].

GENUS ***SPIRIFER*** SOWERBY, 1816.

Spirifer (sensu lato) *latus* McCOY, 1847.

Plate V, figures 9 a, b.

1847. — *Spirifera lata* McCOY, p. 233, pl. 13, fig. 7.
1890. — *Spirifera lata* FOORD, p. 145, pl. 6, fig. 0.
? 1903. — *Spirifera lata* ETHERIDGE, p. 15, pl. 1, fig. 8.

Material : Pedicle valve BB 20179, brachial valve BB 20180, from the Metalegoceras Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Pedicle valve transverse, 5.87 mm wide, 2.1 mm + long, gently convex, with an obtuse umbo. Median sinus shallow, apparently smooth, and about 16 simple ribs on each side. Hinge line straight, occupying the greatest width of the shell. Areas partly broken, triangular, not very high, concave, with well-marked transverse parallel striations, and bearing a groove on each delthyrial margin. Dental plates reach from the inner edges of the areas to the floor of the valve. Cavities below the areas and delthyrial cavity all partly filled with callus. Shell fibrous, punctate.

Brachial valve and internal mould, 5.2 mm wide and 2.05 mm +long. Umbo projec-

1. A section of the smaller specimen is shown on pl. V, fig. 3 c, and text-figure 11 a and a suggested interpretation of the structures seen in text-fig. 11 b. It seems that the callus was at first deposited mainly in the lateral cavities, making a kind of ' roll ' on each side round the lower free edge of the dental plates, and a marked pair of projections on the floor of the valve on the margins of the median sinus. On each side this roll and projection eventually met, forming a pair of 'false' dental plates. Subsequently deposition on the inner parts of the rolls caused them to meet in the mid line, enclosing a central cavity, and this and the lateral cavities were the last parts to be filled. In the larger specimen deposition was unsymmetrical, and the roll on the left of the specimen is larger (pl. V, fig. 2 e). An interesting feature is the presence of punctae throughout a considerable thickness of the callus ; they can be clearly seen on the polished surfaces of the cut specimen.

ting only slightly. Median fold high and prominent, rounded on the top, with at least 8 simple ribs on each side. Internal features unknown.

Remarks : The present specimens are rather less transverse than the original *Spirifer latus*, and the ribs extend further onto the cardinal extremities. They may also be compared with specimens described as *Spirifer alatus* by Waagen from the Salt Range (WAAGEN, 1883, p. 519, pl. 48, figs 2, 7) but the valves here are less convex and the areas more triangular, with transverse instead of vertical striae prominent. The present material is, however, definitely different from the true *Pterospirifer alatus* (SCHLOTHEIM) from the German Zechstein, which are often small, have an acute beak and a rounded, not angular, median fold (see DUNBAR, 1955, p. 129). Assignation to a genus cannot be made without further material, though as the specimens are punctate they obviously cannot be *Spirifer s. str.*

SUB-GENUS ***LICHAREWIA*** EINOR, 1939.

Spirifer (*? Licharewia*) sp.

Plate V, figures 7a, b, 8.

Material : Pedicle valve BB 20209, brachial valve BB 20210, from the Bellerophon Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Pedicle valve, left side and central part only, at least 3.6 cm long and 2 by 2.85 cm wide, thickness very small, about 0.85 cm in centre of valve. Shell fibrous, ? punctate. Valve slightly convex, almost flat, with a fairly shallow ? smooth median sinus and about 16 simple rounded ribs with narrow interspaces. Umbo broad, only slightly incurved. Hinge line straight, probably equal to the greatest width of the shell. Area not very high, triangular, slightly concave, with well marked transverse striations and subsidiary vertical ones. A stout triangular tooth projects from the inner edge of the hinge line. Delthyrium relatively narrow, extending to umbo, posterior part filled to the level of the areas with callus which has margin concave towards the hinge line. Narrow space below area also filled with callus. Dental plates probably present. Brachial valve incomplete, at least 1.9 cm long and 3.4 cm wide. Shell fibrous, punctate. Valve gently convex with a well-marked, rounded median fold and ten rounded simple ribs on each side with narrow interspaces. Umbo broad, not projecting. Hinge line straight, occupying greatest width of shell. Areas small, concave, with transverse striations, separated by wide notothyrium. Dental sockets consist of long grooves near the inner margin of each area, and the cardinal process is the usual striated structure immediately below the umbo. Space below the areas completely filled with callus. Matrix obscures the rest of the internal features.

Remarks : These two fragments are associated on their general resemblance in size, small thickness, and rounded ribs with narrow interspaces. This character of the ribs was cited as a diagnostic feature of the sub-genus *Licharewia* by Einor : other impor-

tant features are the presence of a smooth sinus and fold, dental plates and apical callosity. To this should probably be added the absence of a transverse plate : the original figures of the genotype (*Spirifer stuckenbergi* NETSCHAJEW, 1911, pl. 11, fig. 2 *b*) do not appear to show one, and one is not mentioned by LICHAREW (1942) in his study of the variable apical callosity of *Spirifer* (*Licharewia*) *rugulatus* KUTORGA. It is not known whether the genotype is punctate or not.

GENUS *NEOSPIRIFER* FREDERICKS, 1924.

Neospirifer aff. *moosakhailensis* (DAVIDSON), 1862.

Plate VI, figures 2-5.

1862. — *Spirifera moosakhailensis* DAVIDSON, p. 28, pl. 2, figs 2 a-c.
Compare :
1897. — *Spirifer moosakhailensis* DIENER, p. 35, pl. 3, figs 3, 4 ; pl. 4, figs 1, 2 ; pl. 5, fig. 1.
Discussion in :
1941. — *Neospirifer moosakhailensis* MUIR-WOOD, p. 30, pl. 2, figs 12, 13.

Material : Pedicle valves BB 20184-20203, brachial valves BB 20204-20207, all from the Metalegoceras and Bellerophon Limestones, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Isolated pedicle and brachial valves, mostly exfoliated shells of internal moulds. Moderately transverse, up to 5.5 mm wide and 3.0 mm long. Hinge line straight, about as long as the greatest width of the shell. Pedicle valves gently convex with rather acute, somewhat incurved, beak and shallow median furrow. Lateral slopes and sinus bear fine radial ribs up to 1 mm apart. These are grouped into bundles of three near the umbo, but the bundles die out on the main part of the shell. In a few specimens (pl. VI, fig. 4) the bundles persist but are never prominent. Areas fairly small, triangular, slightly concave, bearing marked transverse parallel striations. In one case (BB 20191), vertical striations have also been observed. Delthyrium wide, reaching to the tip of the umbo. Dental plates free anteriorly and sloping inwards, extended into a pair of prominent teeth at the hinge edge.

Brachial valves all incomplete, showing a low but acute median fold and slight bundling of the ribs. One specimen (BB 20204), shows a regular concentric ornament giving a tegulate appearance. Internal features unknown.

Remarks : The fasciculation of these specimens is not nearly so well-marked as in Davidson's originals, but other specimens referred to the same species (e. g. by DIENER, 1897 b, pl. 4, figs 1 *a*, 2) have similar weak bundles with a rounded outline. In this respect also, the present material is comparable with *Spirifer kaninensis* LICHAREW (1943), a Permian form from Russia.

Neospirifer hardmani (Foord), 1890.

Plate VI, figure 1: text-figure 12.

1890. — *Spirifera Hardmani* Foord, p. 146, pl. 7, figs 1, 1 a.
1903. — *Spirifer hardmani* Etheridge, p. 14, pl. 1, figs 6, 7 ; pl. 2, figs 7-9.
? 1932. — *Neospirifer hardmani* var. Reed, p. 29, pl. 5, fig. 7.

Material : Pedicle valve BB 20183, from the Bellerophon Limestone, Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Description : Single pedicle valve 6.0 mm wide and 4.5 mm long. Hinge line straight, only 3.4 mm across. Valve gently convex in umbonal region, flat at anterior, with almost no median furrow. Umbo slightly incurved. Valve bears fine radial ribs up to 1 mm apart, with very slight traces of bundling near the umbo, but ribs completely regular on main part of shell. Areas small, triangular, almost flat, bearing transverse parallel striations. Delthyrium wide, reaching to tip of umbo. Dental plates free at anterior, sloping slightly inwards, prolonged into a pair of stout teeth.



Fig. 12. — *Neospirifer hardmani* (Foord), areas and delthyrium of pedicle valve, showing the short hinge line. BB 20183, from the Bellerophon Limestone, × 1.5 approx.

Remarks : The size and shape, the fine ribbing, the flatness of the valve, and the short hinge line make close comparison with Foord's original illustration and description. Reed's variety is only a fragment and cannot definitely be assigned to the species.

Dielasma cf. *truncatum* Waagen, 1882.

Plate VI, figures 6 a, b.

1882. — *Dielasma truncatum* Waagen, p. 345, pl. 25, figs 11 a-d.
1944. — Cf. *Dielasma trimuense* Reed, p. 145, pl. 44, figs 11, 11 a-c.

Material : BB 20212 from upper part of Lusaba Limestone, Wadi Lusaba, near Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Comparison : The type specimen of *Dielasma truncatum* Waagen from the Lower Productus Limestone of the Salt Range has a pedicle valve with a pyriform plan due to the umbonal slopes and their defining umbonal ridges extending half the length of the shell to a position which is thus its greatest width and from which the sides of the shell continue almost parallel to a low curved anterior margin. The main part of the valve is only slightly convex but curves rapidly to its flanks, to an incurved

umbo, and to its anterior margin. The brachial valve is posteriorly markedly convex, but less so anteriorly, where near the anterior margin its flanks fall steeply, thus forming a low wide uniplicate fold. Shell width to length (35 m) is 1 : 1.6 ; thickness to width is 1 : 1.2. Its great thickness may be due to old-age growth.

The Oman specimen is smaller (length *c.* 26.5 mm) and its outline is sphenoidal rather than pyriform since its umbonal slopes extend for two-thirds the length of the shell, in part due to peripheral growth being almost entirely anterior and not lateral. Its proportions are width to length 1 : 1.5 and thickness to width 1 : 1.3. *Dielasma trimuense* REED which the authors consider to be an old-age variant of *D. truncatum* has umbonal slopes comparable to that of the Oman specimen.

Dielasma hochstetteri (TOULA), 1869, var. *personata* REED, 1944.

Plate VI, figures 8 a-c, 12 a, b.

? 1936. — *Dielasma hochstetteri* DOUGLAS, p. 39, pl. 4, fig. 15.
1944. — *Dielasma hochstetteri* (TOULA) var. *personata* REED, p. 151, pl. 45, figs 5, 5 a-c.

Material : BB 20213, BB 20218 from upper part of Lusaba Limestone, Wadi Lusaba, near Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Comparisons : REED (1944) grouped several forms of *Dielasma* characterised by an ovoid outline, an anterior commissure with a low flat uniplicate saddle, and an incurved linguiform marginate foramen as varieties of *D. hochstetteri* (TOULA). The two specimens recorded above agree with *D. hochstetteri* var. *personata* (L/W = 1.4 ; W/T = 1.7) though BB 20218 is slightly pentagonal and thus approaches *D. hochstetteri* as figured by REED (1944, pl. 45, figs 6, 6 *a-c*), while BB 20213 is relatively slightly wider and thicker (L/W = 1.38 ; W/T = 1.6) and thus approaches *D. hochstetteri* var. *discrepans* REED. In neither specimen are the slight furrows on the flanks of the anterior saddle as marked as in the type specimen. *D. hochstetteri* DOUGLAS (1936) from the lowest Permian of Persia has an outline similar to *D. hochstetteri* var. *personata*. BB 20211 (pl. VI, figs 7 *a*, *b*), BB 20220 (pl. VI, fig. 13) and BB 20216 have been crushed but have in general, the outline and proportions of var. *personata*. BB 20214 (pl. VI, fig. 10) has been crushed but probably belongs to the *D. hochstetteri* group. BB 20219 (pl. VI, figs 9 *a-c*) is considered a young form of this group since it has the ovoid outline common to it.

Dielasma purdoni REED, 1944.

Plate VI, figure 11.

1944. — *Dielasma purdoni* REED, p. 156, pl. 45, figs 9, 9 a-c, pl. 49, figs 14, 14 a, b.

Material : BB 20215, ? BB 20217 from upper part of Lusaba Limestone, Wadi Lusaba, near Haushi, Oman, S. E. Arabia.

Comparison : *Dielasma purdoni* is distinguished from other members of the '*hochstetteri*' group to which REED (1944) suggests it belongs by its long umbonal slopes extending more than halfway along the length of the shell. The size and shape ratio of BB 20215 are as those of the type specimen (length, 24 m ; L/W = 1.5 ; W/T = 1.6) from the Lower Productus Limestone of the Salt Range. The other specimen has been crushed and its exact shape is not certain.

Manuscrit remis le 6 déc. 1957.

REFERENCES

ABICH, H. 1878. — Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern. Part 1, Eine Bergkalk-fauna aus der Araxesenge bei Djoulfa in Armenien, 1-126. Vienna.

ARTHABER, G. von. 1900. — Das jüngere paläozoicum aus der Araxes-Enge bei Djulfa. *Beit Pal. Geol. Ost.-Ung. u. Orients*, **12** (4), 209-302.

BION, H. S. 1928. — The Fauna of the Agglomeratic Slate of Kashmir. *Pal. Indica*, n. s., **12**, 1-42, pls 1-7.

BRAMKAMP, R. A., R. D. GIERHART, G. F. BROWN and R. O. JACKSON. 1956. — Geological map of the Southern Tuwayq Quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia. *Miscellaneous Geological Investigations, U. S. Geol. Surv.*, Map 1-212 A.

CHAO, Y. T. 1927. — Productidae of China. Part I: Producti. *Pal. Sinica*, (B) **5** (2), 1-243, pl. 1-16.

CLARKE, E. DE C., K. L. PRENDERGAST, C. TEICHERT and R. W. FAIRBRIDGE. 1951. — Permian succession and structure in the northern part of the Irwin Basin, Western Australia. *Journ. Roy. Soc. Western Australia*, **35**, 31-84, geol. map.

COOPER, G. A. and H. M. MUIR-WOOD. 1951. — Brachiopod Homonyms. *Journ. Washington Acad. Sci.*, **41** (6), 195-196.

CROCKFORD, Joan. 1957. — Permian Bryozoa from the Fitzroy Basin, Western Australia. *Bull. Bur. Min. Res. Austr.*, **34**, 134 pp., 21 pl.

DAVIDSON, T. 1862. — On some Carboniferous Brachiopoda collected in India by A. Fleming, M. D. and W. Purdon, Esq., F. G. S. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **18**, 25-35, pls 1,2.

DIENER, C. 1897 a. — The Permocarboniferous of Chitichun, I. *Pal Indica*, (15) **1** (3), 1-105, pls 1-13.

— 1897 b. — Permian Fossiles of the Productus-shales of Kumaon and Garhwal. *Pal. Indica*, (15) **1** (4), 1-54, pls 1-5.

— 1915. — The Anthracolithic Faunas of Kashmir, Kanaur and Spiti. *Pal. Indica*, n. s., **5** (2), 1-135, pls 1-11.

DOUGLAS, J. A. 1936. — A Permo-Carboniferous Fauna from South-west Persia (Iran). *Pal. Indica* n. s., **22** (6), 1-59, pls 1-5.

— 1950. — The Carboniferous and Permian faunas of south-Iran and Iranian Baluchistan. *Pal. Indica*, n. s., **22** (7), 1-57, pls 1-4.

DOUVILLÉ, H. 1904. — Mollusques fossiles *in* ' Paléontologie ', vol. III, pt. II of ' Mission scientifique en Perse ' by J. de Morgan, 191-373, pls 25-50. Paris.

DUNBAR, C. O. and CONDRA G. E. 1932. — Brachiopoda of the Pennsylvanian System in Nebraska. *Bull. Nebraska Geol. Surv.*, (2) **5**, 1-377.

— 1955. — Permian Brachiopod Faunas of Central East Greenland. *Medd. om Grønland*, **110** (3), 1-169, pls 1-32.

EINOR, O. L. 1939. — Some Brachiopods from the Lower Permian of Taimyr. *Trans. Artic Inst. U. S. S. R.*, **135**, 1-150, 15 pls.

ETHERIDGE, R. 1903. — Description of Carboniferous Fossils from the Gascoyne District, Western Australia. *Bull. Geol. Surv. W. Austr.*, **10**, 1-41, pls 1-6.

FENTON, C. L. and M. A. FENTON. 1924. — The Stratigraphy and Fauna of the Hackberry Stage of the Upper Devonian. *Contr. Mus. Geol. Univ. Michigan*, **1**, 1-204, pls 1-45.

FOORD, A. H. 1890. — Notes on the Palaeontology of Western Australia. *Geol. Mag.*, n. s., **7**, 98-106, 145-155, pls 4-7.

FRECH, F. 1911. — Das Obercarbon Chinas: Die Dyas, *in* von Richthofen, China, **5**, 97-202, 243-266.

Fredericks, G. 1916. — Palaeontological Notes : 2. On some upper Palaeozoic Brachiopoda of Eurasia. *Mém. Com. Géol. Petrograd*, n. s., **156**, 1-87, pls 1-4.

— 1924. — Études Paléontologiques, 2. Sur les Spiriféridés du Carbonifère supérieur de l'Oural. *Bull. Com. Géol. Leningrad*, **38** (3), 295-324.

— 1928. — Communication for the Classification of the Genus *Productus*. *Bull. Com. Géol. Leningrad*, **46**, 773-792.

— 1933. — Paleontological Notes. 4. On some Upper Palaeozoic Brachiopods of Eurasia. *Mat. Centr. Scientific Geol. and Prosp. Inst. Pal. and Strat.*, **2**, 24-33.

Goldring, R. 1957. — *Pseudophillipsia* (Tril.) from the Permian (or Uralian) of Oman, Arabia. *Senckenbergiana Lethaea*, **38** (3-4), 195-210, pl. 1.

Grabau, A. W. 1934. — Early Permian fossils of China. I : Early Permian Brachiopods, Pelecypods and Gastropods of Kweichow. *Pal Sinica*, (B) **8** (3), 214 p., pl **1-11**.

— 1936. — Early Permian Fossils of China. II : Fauna of the Maping Limestone of Kwangsi and Kweichow. *Pal. Sinica*, (B) **8** (4), 327 p., 31 pls

Hill, D. 1950. — The Productinae of the Artinskian Cracow Fauna of Queensland. *Univ. Queensland Papers : Dept. Geol.*, 3 (2), 1-36, pls 1-9.

Hudson, R. G. S. 1957. — *in* Discussion on ' Basic palaeogeography of Gondwanaland during the late Palaeozoic and Mesozoic eras ' by L. C. King. *Proc. Geol. Soc.London*, **1549**, 74.

Hudson, R. G. S., R. V. Browne and M. Chatton. 1954. — Abstract of ' The structure and stratigraphy of the Jebel Qamar area, Oman '. *Geol. Soc. London*, Circular 21, 1-3.

Hudson, R. G. S., A. McGugan and D. M. Morton. 1954. — The Structure of the Jebel Hagab area, Trucial Oman. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **110**, 121-152, pls 5-8.

de Koninck, L. G. 1842. — Description des animaux fossiles qui se trouvent dans le terrain Carbonifère de Belgique. Liège.

Kozlowski, R. 1914. — Les Brachiopodes du Carbonifère supérieur de Bolivie. *Ann. Paléont.*, **9**, 1-100, pls 1-11.

Lees, G. M. 1928. — The geology and tectonics of Oman and of parts of south-eastern Arabia. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **84**, 585-670, pls 41-51.

Licharew, B. K. 1937. — Permian Brachiopoda of North Caucasus. Families : *Chonetidae* Hall and Clarke, and *Productidae* Gray. *Mon. Pal. U. S. S. R., Central Geol. and Prosp. Inst.*, **39** (1), 152 p., 13 pls.

— 1942. — Sur la variabilité interne de la valve ventrale chez *Spirifer* (*Licharewia*) *rugulatus* Kutorga. *Akad. Nauk. S. S. S. R. (Doklady)*, 71-74.

— 1943. — Au sujet du nouveau *Spirifer* permien se rapprochant de *Spirifer striatus* Sow. *Akad. Nauk. S. S. S. R. (Doklady)*, 279-285.

Mansuy, H. 1913. — Faunes des calcaires à *Productus* de l'Indochine. *Mém. Serv. géol. Indochine*, **2** (4), **1**-133, pls 1-13.

— 1914. — Faunes des calcaires à *Productus* de l'Indochine. Deuxième série. *Mém. Serv. géol. Indochine*, **3** (3), 1-61, pls 1-7.

McCoy, F. 1847. — On the Fossil Botany and Zoology of the Rocks associated with the Coal of Australia. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (1) **20**, 145-157, 226-236, 298-312, pls 9-17.

Meek, F. B. 1872. — Part II, Palaeontology *in* F. V. Hayden, Final Report of the United States Geological Survey of Nebraska and portions of the adjacent territories, **19**, 83-239. Washington.

Miller, A. K. and W. M. Furnish. 1957. — Permian ammonoids from Southern Arabia. *Journ. Pal.*, **31**, 1043-1051, pls 131, 132.

Muir-Wood, H. M. 1928. — The British Carboniferous *Producti*. II. *Productus* (*sensu stricto*) : *semireticulatus* and *longispinus* groups. *Mem. Geol. Surv. Gt. Britain, Palaeontology*, **3**. 1-217, pls 1-12.

— 1930. — The Classification of the British Carboniferous Subfamily *Productinae*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (10) **5**, 100-108.

Muir-Wood, H. M. and K. Oakley. 1941. — Upper Palaeozoic Faunas of North Sikkim. *Pal. Indica*, n. s., **31**, 1-91.

NETSCHAJEW, A. W., 1911. — Die Fauna der Perm-Ablagerungen vom Osten und vom aüssersten Norden des Europäischen Russlands. *Mém. Com. Géol. Russ.*, n. s., **61**, 1-164, pls 1-15.
NIKITIN, S. 1890. — Dépôts carbonifères et puits artésiens dans la région de Moscou. *Mém. Com. Géol. Petersburg*, **5** (5), 182 p.
NORWOOD, J. C. and H. PRATTEN, 1854. — Notice of *Producti* found in the Western States and Territories, with descriptions of twelve new species. *Journ. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, (2) **3**, 5-22.
D'ORBIGNY, A. 1842. — Voyage dans l'Amérique méridionale. **3** (4), Paléontologie. Paris.
OSWALD, Felix. 1906. — A treatise on the geology of Armenia. 516 p. Privately published. Beeston, Notts., England.
OWEN, D. D. 1852. — Report of a Geological Survey of Wisconsin, Iowa and Minnesota ; and incidentally of a portion of Nebraska Territory. Appendix I. Description of New Genera and Species of Palaeozoic Fossils. Philadelphia.
PRENDERGAST, K. L. 1943. — Permian Productinae and Strophalosiinae of Western Australia. *Journ. Roy. Soc. W. Australia*, **28**, 1-73, pls 1-6.
REED, F. R. C. 1925. — Upper Carboniferous Fossils from Chitral and the Pamirs. *Pal. Indica*, n. s., **6** (4), 1-154, pls 1-10.
— 1931. — New Fossils from the *Productus* Limestones of the Salt Range, with notes on other species. *Pal. Indica*, n. s., **17**, 1-56, pls 1-8.
— 1932. — New Fossils from the Agglomeratic Slate of Kashmir. *Pal. Indica*, n. s., **20** (1), 1-79, pls 1-13.
— 1944. — Brachiopoda and Mollusca from the *Productus* Limestones of the Salt Range. *Pal. Indica*, n. s., **23** (2), 1-678, pls 1-65.
SCHELLWIEN, E. 1892. — Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks, I. *Palaeontographica*, **39**. 1-56, pls 1-8.
VON SCHLOTHEIM, E. 1820. — Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognosticher Ansicht. *Denkschr. Akad. Wiss. München*, *6*, *Math. Phys. Cl.*, 13-36, pls 1-8.
SOWERBY, J. 1816. — The Mineral Conchology of Great Britain, London. **2**, 1-235, pl. 103-203.
STAINBROOK, M. A. 1943. — *Spiriferacea* of the Cedar Valley Limestone of Iowa. *Journ. Pal.*, **17**, 417-450, pls 67-70.
SUTTON, A. H. 1938. — Taxonomy of Mississippian Productidae. *Journ. Pal.*, **12**, 537-569.
TEICHERT, C. 1941. — Upper Palaeozoic of Western Australia : Correlation and Palaeogeography. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, **25**, 371-415.
— 1945. — Parasitic Worms in Permian Brachiopod and Pelecypod Shells in Western Australia. *Amer. Journ. Sci.*, **243**, 197-209, pls 1-3.
— 1951. — The marine Permian faunas of Western Australia (an interim review). *Paläont. Zeit.*, **24**, 76-90.
TEICHERT, C. and B. F. GLENISTER. 1952. — Lower Permian ammonoids from the Irwin Basin, Western Australia. *Journ. Pal.*, **26**, 12-23, pls 3, 4.
THOMAS, G. A. and J. M. DICKENS. 1954. — Correlation and age of marine Permian Formations in Western Australia. *Austr. Journ. Sci.*, **16** (6), 219-223.
TSCHERNYSCHEW, T. 1902. — Die Obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan. *Mém. Com. Géol. Russ.*, **16** (2), 1-749, 63 pls.
WAAGEN, W. 1882-1884. — Salt Range Fossils. I, *Productus* Limestone Fossils : 4 (1-4), Brachiopoda. *Pal. Indica*, (13) **1**, 329-728, pls 25-81.
WELLER, S. 1914. — The Mississipian Brachiopoda of the Mississippi Valley Basin. *Mon. Geol. Surv. Illinois*, **1**, 508 p., 83 pls.
WHITEHOUSE, F. W. 1928. — Notes on Upper Palaeozoic marine horizons in Eastern and Western Australia. *Rept. Aust. Assoc. Adv. Science*, **18**, 281-283.
— 1952. — Symposium sur les séries de Gondwana. *XIXe Congrès Géologique International, Alger*, 399 p.
WINCHELL, A. 1863. — Description of Fossils from the Yellow Sandstone lying beneath the 'Burlington Limestone' at Burlington, Iowa. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia for* 1863, 2-25.

EXPLANATION OF PLATES I-VI

All specimens are from the Lower Permian, near Haushi, Oman, south-east Arabia. All specimens figures on Plates I-III are from the Lusaba Limestone except where otherwise stated. All magnifications are approximate.

Plate 1.

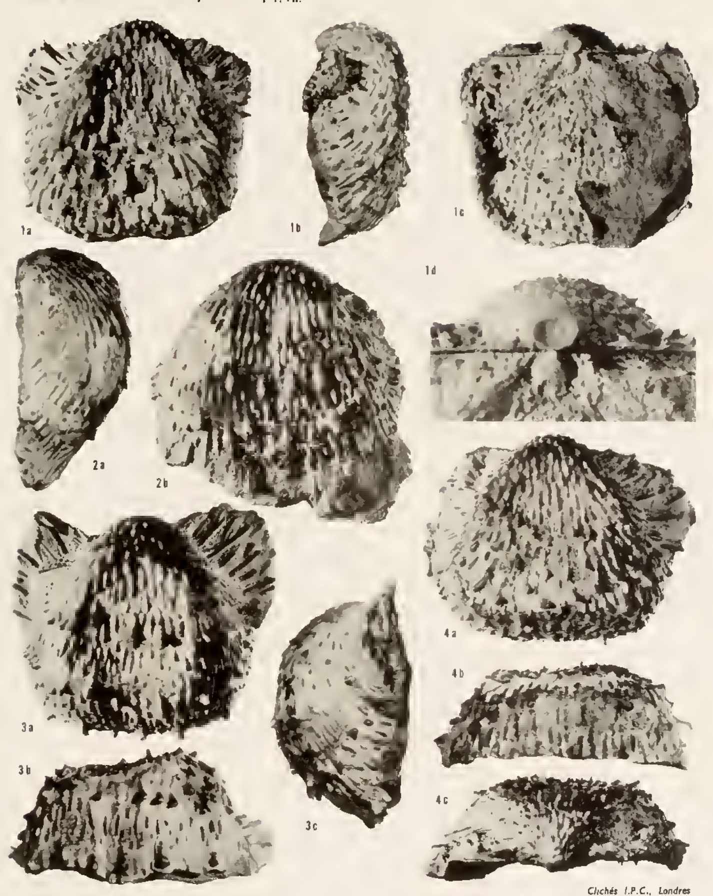
Figs 1-4. — *Juresania omanensis* Hudson and Sudbury, n. sp.

Fig. 1, holotype, BB 18484. 1 *a*, pedicle valve, × 2, central part of visceral disc crushed ; 1 *b*, left lateral view, × 2 ; 1 *c*, brachial view, × 2 ; 1 *d*, umbonal region, × 5, showing cicatrix of attachment on pedicle valve and ? protegulum of brachial valve.

Fig. 2, paratype, BB 18485, × 2, uncrushed pedicle valve with ears broken off. 2 *a*, left lateral view ; 2 *b*, pedicle valve.

Fig. 3, paratype, BB 18486, × 2, showing a more concentric arrangement of the thick and thin spines. Pedicle valve slightly crushed in central part. 3 *a*, pedicle valve ; 3 *b*, anterior view ; 3 *c*, right lateral view.

Fig. 4, paratype, BB 18487, × 2, with visceral disc somewhat crushed. 4 *a*, pedicle view ; 4 *b*, anterior view ; 4 *c*, posterior view.



Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY. — Permian Brachiopoda from South-East Arabia

Plate II.

Figs 1-3. — *Juresania* sp., interiors of brachial valves, × 2.

Fig. 1, BB 18510, showing median septum and pustulose surface.

Fig. 2, BB 18511, showing the cardinal process and supporting ridges.

Fig. 3, BB 18512, showing the dendritic muscle scars, median septum, and brachial impressions.

Fig. 4. — *Taeniothaerus* sp. cf. *Buxtonia* ? *punjabensis* Reed, BB 18515. × 1, from Metalegoceras Limestone (Lower Permian), Haushi, Oman. 4 *a*, pedicle valve ; 4 *b*, right lateral view showing the strongly incurved, pointed beak ; 4 *c*, brachial view.

Figs 5-6. — *Productina* ? *acinosa* Hudson and Sudbury, n. sp., × 3.

Fig. 5, paratype, BB 18528, with well marked radial costae ; ears broken off.

Fig. 6, holotype, BB 18527, pedicle view showing the spines on the ears ; the shell substance is missing on the visceral disc.

Figs 7-9. — *Linoproductus 'cora'* (d'Orbigny), × 1.

Fig. 7, BB 18533, ? juv.

Fig. 8, BB 18534, showing two spines preserved at the anterior margin.

Fig. 9, BB 18535, showing the wrinkled ears. The pedicle valve shows numerous fine borings.

Fig. 10. — *Marginifera spinosocostata* (Abich), BB 18516, × 3, showing weak costae and prominent spine bases. 10 *a*, pedicle valve ; 10 *b*, right lateral view ; 10 *c*, brachial view.

1 4a 4b 4c

2 5a 5b 5c

3 6 7 8

10b 9a

10a 10c 9b

J. BRUNISSEN imp. Paris

Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY. — Permian Brachiopoda from South-East Arabia



Plate III.

Figs 1-5. — *Marginifera tescorum* Hudson and Sudbury, n. sp., all × 3.

Fig. 1, paratype, BB 18519, largest specimen collected. 1 *a*, pedicle view; 1 *b*, brachial view. Left ear missing; broken surface shows a cross section of the marginal ridge (text-fig. 6).

Fig. 2, paratype, BB 18520, note prominent ears. 2 *a*, pedicle view; 2 *b*, right lateral view, showing a somewhat angular outline in the posterior part of the valve.

Fig. 3, holotype, BB 18521, of average size. 3 *a*, pedicle view (right ear missing); 3 *b*, brachial valve; 3 *c*, left lateral view.

Fig. 4, paratype, BB 18522, typical smaller specimen. 4 *a*, pedicle view; 4 *b*, brachial view, with lamellar thickening on ears; 4 *c*, left lateral view.

Fig. 5, paratype, BB 18523, note smaller ears. 5 *a*, pedicle view; 5 *b*, brachial view; 5 *c*, right lateral view; 5 *d*, left lateral view.

Figs 6-16. — *Chonetes arabicus* Hudson and Sudbury, n. sp., all × 5.

Fig. 6, holotype, BB 18545, pedicle valve exterior.

Fig. 7, paratype, BB 18549, one of largest pedicle valves.

Fig. 8, paratype, BB 18546, pedicle valve exterior.

Fig. 9, paratype, BB 18547, pedicle valve, pits between lirae well seen on visceral disc.

Fig. 10, paratype, BB 18548, pedicle valve exterior.

Fig. 11, paratype, BB 18550, brachial valve exterior.

Fig. 12, paratype, BB 18555, probably complete specimen; brachial valve exterior exposed.

Fig. 13. paratype, BB 18551, brachial valve interior; young stage with no median septum.

Fig. 14, paratype, BB 18552, brachial valve interior, with diagonal ridges and median septum represented by two larger pustules in centre of valve.

Fig. 10, paratype, BB 18556, brachial valve interior with median septum but no diagonal ridges.

Fig. 16, paratype, BB 18553, mature brachial valve interior with median septum and diagonal ridges.



Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY.—Permian Brachiopoda from South-East Arabia

Plate IV.

Figs 1-11. — *Pseudosyrinx nagmargensis* (Bion). All specimens from the Metalegoceras Limestone except fig. 5, all figures × 1.5.

Fig. 1, complete specimen, BB 18567. 1 *a*, brachial valve ; 1 *b*, outline of lateral view ; 1 *c*, posterior view ; 1 *d*, pedicle valve, showing few turns of the spiralia on the left ; 1 *e*, anterior view.

Fig. 2, pedicle valve, BB 18581. 2 *a*, exterior ; 2 *b*, interior showing dental and transverse plates and muscle scars ; 2 *c*, cardinal areas.

Fig. 3, pedicle valve in which the transverse plate has an angular instead of the usual rounded concave anterior margin, BB 18579.

Fig. 4, pedicle valve, BB 18580. 4 *a*, areas and transverse plate ; 4 *b*, interior showing callus and transverse plate.

Fig. 5, brachial valve, exterior showing the median groove on the central fold, BB 18568, from the Bellerophon Limestone.

Fig. 6, brachial valve, exterior, transverse form. BB 18569.

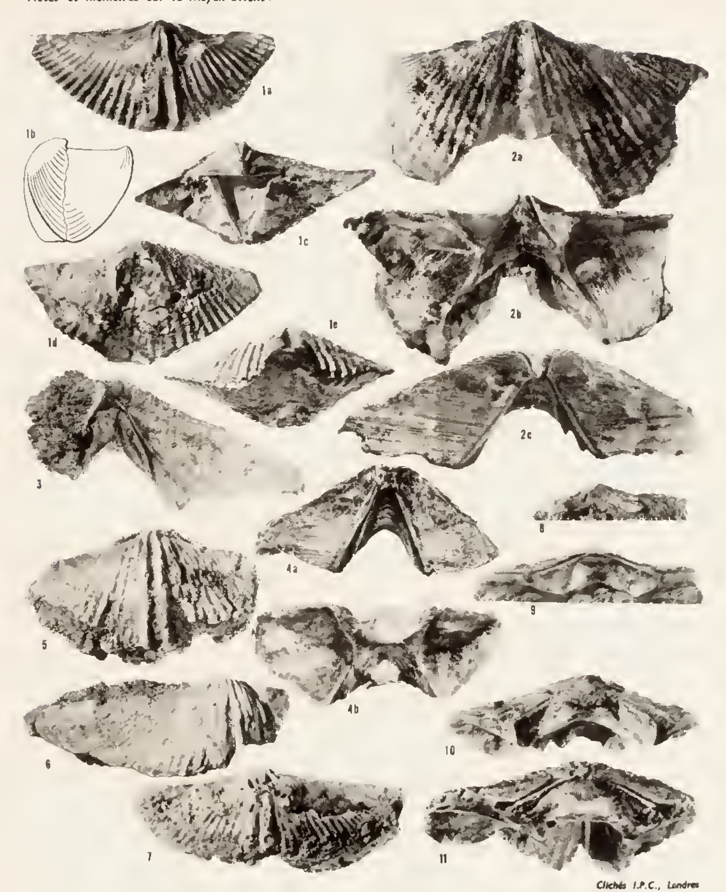
Fig. 7, brachial valve, exterior, BB 18572.

Fig. 8, brachial valve, interior, showing crural plates but with no callus, BB 18574.

Fig. 9, brachial valve, interior, with crural plates, cardinal process, and small amount of callus, BB 18570.

Fig. 10, brachial valve, interior, with more callus than fig. 9, BB 18571.

Fig. 11, brachial valve, interior, with crural plates and cardinal process completely embedded in callus, BB 18573.



Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY. — Permian Brachiopoda from South-East Arabia

Plate V.

Fig. 1. — *Pseudosyrinx* sp. BB 20208, Metalegoceras Limestone, × 1.5.

Fig. 1 *a*, interior of pedicle valve showing dental and transverse plates; fig. 1 *b*, exterior of pedicle valve. Note borings made by the parasitic *Conchotrema tubulosa* Teichert (1945, p. 203) in the anterior region.

Figs 2-3. — *Asyrinx haushiensis* n. gen. and sp., × 1.

Fig. 2, holotype, BB 20181, from the Lusaba Limestone. 2 *a*, pedicle valve exterior ; 2 *b*, areas and delthyrium ; 2 *c*, lateral view of pedicle valve.

Fig. 3, paratype, BB 20182, from the Metalegoceras Limestone. 3 *a*, pedicle valve exterior ; 3 *b*, areas and delthyrium ; 3 *c*, transverse section about 1.2 cm from the umbo.

Fig. 4. — *Spiriferellina bilotensis* var. *curta* Reed, exterior of pedicle valve, BB 18564, Bellerophon Limestone, × 3.

Fig. 5. — *Spiriferellina cristata* (Schlotheim), BB 18562, Lusaba Limestone, × 3. 5 *a*, lateral view of pedicle valve ; 5 *b*, pedicle valve.

Fig. 6. — *Callispirina ornata* (Waagen), BB 18565, Bellerophon Limestone, × 3. 6 *a*, pedicle valve ; 6 *b*, brachial view ; 6 *c*, lateral view ; 6 *d*, anterior view.

Figs 7-8. — *Spirifer* (? *Licharewia*) sp., Bellerophon Limestone, × 1.5. 7 *a*, pedicle valve exterior; 7 *b*, pedicle valve interior, BB 20209; 8, brachial valve exterior, BB 20210.

Fig. 9. — *Spirifer* (*sensu lato*) *latus* McCoy, BB 20179, Metalegoceras Limestone × 1.5; 9 *a*, pedicle valve exterior ; 9 *b*, pedicle valve interior.



Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY. — Permian Brachiopoda from South-East Arabia

Plate VI.

Fig. 1. — *Neospirifer hardmani* (Foord), pedicle valve exterior, BB 20183, Bellerophon Limestone, × 1.5.

Figs 2-5. — *Neospirifer* aff. *moosakhailensis* (Davidson), all × 1.5.

Fig. 2, small pedicle valve, BB 20187, Bellerophon Limestone. 2 *a*, exterior ; 2 *b*, cardinal region.

Fig. 3, pedicle valve, BB 20184, Metalegoceras Limestone. 3 *a*, cardinal region ; 3 *b*, exterior.

Fig. 4, transverse pedicle valve with bundling of ribs more marked, BB 20186, Bellerophon Limestone.

Fig. 5, cardinal region of small specimen, BB 20185, Metalegoceras Limestone.

Figs 6-13. — *Dielasma* spp., Lusaba Limestone, near Haushi, Oman, S. E. Arabia. All from Wadi Lusaba except BB 20214 from the Haushi section.

Figs 6 *a*, *b*. *Dielasma* cf. *truncatum* Waagen, BB 20212, × 1.5. Marginal ridges and labrum of foramen broken away.

Figs 7 *a*, *b*. *Dielasma hochstetteri* (Toula) cf. var. *personata* Reed, BB 20211, × 1.5. Anterior peripheral shell slightly crushed. Shell slightly tilted forward.

Figs 8 *a*, *b*, *c*. *Dielasma hochstetteri* (Toula) var. *personata* Reed, BB 20218, × 1.5. Pedicle umbo broken away. Fig. 8 *b* is partly a frontal view from brachial side.

Figs. 9 *a*. *b*, c. *Dielasma hochstetteri* group juv., BB 20219, × 2.5.

Fig. 10. *Dielasma* sp., BB 20214, × 2.5. Brachial valve laterally displaced.

Fig. 11. *Dielasma purdoni* Reed, BB 20215, × 1.5.

Figs. 12 *a*, *b*. *Dielasma hochstetteri* (Toula) var. *personata* Reed, BB 20213, × 2.5. Anterior margin of shell slightly crushed.

Fig. 13. *Dielasma hochstetteri* (Toula) cf. var. *personata* Reed, BB 20220, × 1.5. Hemiperipheral shell crushed.

Figs 14-18. — *Chonetes arabicus* Hudson and Sudbury, n. sp., all × 5. All from between 9588 ft. and 9599 ft. depth, Fahud boring, Oman, Arabia.

Fig. 14, BB 20221. Brachial valve, convex interior surface. Inner layer of shell on flanks, showing smooth ears and pits between lirae. Central part mainly decorticated showing rows of papillae on ridges corresponding to grooves between lirae of outer surface.

Fig. 15, BB 20222. Pedicle valve, exterior, showing fine radial lirae. Weak median sinus.

Fig. 16, BB 20223. Pedicle valve, exterior, showing pits in grooves between lirae. Sinus very slight.

Fig. 17, BB 20224. Pedicle valve, mainly internal mould showing pits representing papillae on interior of shell.

Fig. 18, BB 20225. Brachial valve, concave exterior. Fine radial lirae and pits in grooves between.



J. BRUNISSEN imp. Paris

Clichés I.P.C., Londres

R.G.S. HUDSON and Marg. SUDBURY.—Permian Brachiopoda from South-East Arabia

THE MUSANDAM LIMESTONE (JURASSIC TO LOWER CRETACEOUS) OF OMAN, ARABIA

BY

R. G. S HUDSON AND **M. CHATTON**

RÉSUMÉ

Le nom de Calcaires de Musandam a été donné à des calcaires constituant la pointe septentrionale des montagnes de l'Oman, dans la partie orientale de la Péninsule Arabique.

Ils sont décrits dans ce mémoire d'après les coupes du Ruus al Jibal, où ils se présentent comme des calcaires le plus souvent finement détritiques, parfois coquilliers, crayeux, porcellanés ou pseudo-oolithiques, atteignent une épaisseur de 1 475 m. Ils débutent au Jurassique inférieur et s'étendent jusqu'au sommet du Crétacé inférieur. Ils reposent sur les Couches d'Elphinstone du Trias supérieur et sont probablement surmontés par des schistes et grès d'âge Crétacé moyen.

On peut les diviser en un groupe inférieur, de 908 m d'épaisseur, Liasique à Argovien et un groupe supérieur, de 567 m d'épaisseur, Séquanien-Tithonique à Aptien. Les deux groupes paraissent être séparés par une lacune de sédimentation.

Le groupe inférieur comporte dans la partie inférieure un Calcaire de Beni Zaid (Oxfordien s. s.), qui est caractérisé par une abondante faune de coraux et de stromatoporoïdés. A la base du groupe supérieur se trouvent des brèches de solution, appelées Calcaire d'Ashhab, qui est considéré comme un équivalent latéral du Riyadh group d'Arabie centrale (lui-même constitué par l'Arab formation et le Hith anhydrite).

Les successions de faunes, principalement celle des foraminifères, permettent la corrélation des calcaires de Musandam d'une part avec des couches du Jurassique supérieur-Crétacé inférieur des puits de pétrole de Qatar (golfe Persique), d'autre part avec les affleurements du Jurassique et du Crétacé inférieur de l'Arabie centrale. D'autres corrélations avec le Jurassique du SW de la Perse, d'Israël et de la Somalie sont également possibles.

INTRODUCTION

The Ruus al Jibal, the backbone of peninsular Oman (often known as the Musandam Peninsula), is a range of limestone mountains (LEES, 1928 a) in which the limestones, with a total thickness of about 3 400 m (2.1 miles), are of Upper Permian to Lower Cretaceous age. The Mesozoic part of these strata was divided by LEES (1928 b) into Elphinstone Beds, of Triassic age, and Musandam Limestone, of Jurassic-Lower Cretaceous age, the latter being about 1 475 m thick (LEES, 1928 b, 1 415 m). The Ruus al Jibal is divided into a number of structural units, one of which, dominated by Jebel Hagab, and on the western front of the mountain range opposite Ras al Kheima, is a NS asymmetric structure, about 6 km by 5 km, which has been shown (HUDSON, MCGUGAN and MORTON, 1954) to be an over-riding, almost horizontal thrust-sheet, with a NS frontal fold with a vertical front (west) limb [1].

In February-March 1951 and January-February 1952, field parties of the Iraq Petroleum Company Limited made a geological reconnaissance survey of the Hagab area, one of the objects of the survey being to sample and measure the Musandam Limestone (the larger fossils were not especially collected, the sampling being confined to rock specimens later examined for foraminifera): the first party included R. G. S. HUDSON, R. V. BROWNE, and Z. R. BEYDOUN; the second, R. G. S. HUDSON, A. MCGUGAN, D. M. MORTON, and E. A. SHAW. The subsequent examination of the samples collected was carried out in the Geological Laboratory of the Qatar Petroleum Company Limited where M. CHATTON determined the foraminifera, the other fossils being determined by R. G. S. HUDSON and F. GOSLING. To all their colleagues, the authors here record their thanks. This paper, which was written by R. G. S. HUDSON, is published by the generous permission of the Directors and Chief Geologist of the Iraq Petroleum Company. The British Petroleum Company kindly made details of the Surmeh section of S. W. Persia available to the authors.

GENERAL STRATIGRAPHY

Lithology. — The lithology of the Musandam is monotonously consistent though this may, in part, be due to the obliteration in the sampled sections of lithological texture by recrystallization resulting from folding and thrusting since the sections of horizontal Musandam Limestone seen from a distance display more lithological variety. It is mainly dark and light grey, compact, finely fragmental limestone weathering buff or light-grey: shelly limestones and chalky limestones are not uncom-

1. The name Jebel Shuam anticline by which this structure was formerly known (Lees, 1928 b) has been abandoned since J. Shuam is of uncertain location.

mon, and there are considerable thicknesses of dense porcellaneous (lithographic) limestones. Many beds are pellet-limestones (pseudo-oolitic), and some may be calcarenites. Some limestones were apparently formed in an evaporitic environment. Dolomitic limestones occur, especially near the base of the succession, and there are occasionally sandy and marly limestones. Sandstones, mudstones, marls, and conglom-



TEXT-FIG. 1. — OMAN, NORTH-EAST ARABIA, SHOWING RUUS AL JIBAL (MUSANDAM PENINSULA). (Scale : 1 : 4 millions).

erates are practically absent. Nodular chert is abundant in certain limestones, bedded chert being rare. Limestone breccias are common in the upper part of the Aptian and in the Jurassic-Cretaceous transition beds : the former are penecontemporaneous, the latter are probably solution breccias.

The limestones are well-bedded (generally 20 to 50 cms) though there are considerable thicknesses of massive limestone, often chalky. Nodular limestones are not

uncommon especially in the Neocomian. There has been considerable movement along bedding planes: calcite veining, fracture, and recrystallisation of the limestones are common.

Fauna. — In most of the limestones fossils are not evident. Where they do occur, especially in marly partings, they are fairly common but crushed or difficult to extract. They usually consist of brachiopods, casts of lamellibranchs and gastropods, and a few corals and echinoids. No ammonites have been collected. Corals and stromatoporoids are very common in certain parts of the Upper Jurassic but are fragmentary and not in their position of growth. Foraminifera are sporadically distributed in the Jurassic but common in the Neocomian-Aptian. A group of limestones between the known Jurassic and Cretaceous contain radiolaria and tintinnids and practically no other fossils.

Limits and subdivision. — The Musandam Limestone succeeds the Elphinstone Beds of upper Triassic age (Lees, 1928; Hudson, McGugan and Morton, 1954). These are mainly brown-weathering, well-bedded or nodular, argillaceous limestones or calcite-mudstones, and grey-green or purple marls. Both limestones and marls tend to be sandy. The subdivision of these beds used in the field is as follows:

Upper Brown Beds............	164 m
Middle Limestone Member ...	23 m
Lower Brown Beds.	54 m

The Lower Brown Beds have an abundant fauna of small mollusca, brachiopods, and corals and are definitely of upper Triassic age. The Middle Limestone Member is not fossiliferous, and though the Upper Brown Beds are sparsely fossiliferous, no diagnostic forms were collected from them or from the 38 m of limestone above them. There is, however, a marked lithological difference between the Upper Brown Beds and the beds above; in general, the marl ceases with the Upper Brown Beds, and the well-bedded brown-weathering limestones are replaced by massive-bedded buff-weathering limestones, a distinction well seen in the field. Moreover, the uppermost limestone of the Upper Brown Beds is a rubbly limestone with phosphatic pebbles: its top, therefore, is taken as the junction between the Elphinstone Beds and the Musandam Limestones and, provisionally, as the boundary between the Trias and the Lias.

A stratigraphical upper boundary to the Musandam Limestone has not been recognized: the highest beds seen, in the Wadi Ghail section and of Aptian age, end by erosion at the coastal plain. Regional considerations suggest that these beds are succeeded, possibly unconformably, by Middle Cretaceous of shaly and sandy facies. Throughout Oman, as often elsewhere in the Middle East, the Upper Cretaceous is transgressive and unconformable. No Upper Cretaceous, however, has been recognized in the Ruus al Jibal and its transgression on to the Musandam Limestone must, therefore, remain an inferred probability.

It has not been possible to divide with certainty the Musandam Limestone into

Jurassic and Cretaceous since the boundary between these systems is, as everywhere in the Middle East, spanned by a series of beds (the so-called infra-Valanginian) of indefinite age. Nor, since its lithology is so consistent and neighbouring sections have not been examined or fossils exhaustively collected, has the Musandam Limestone been divided into named formations. Instead, it has been divided into a series of groups, generally of formational rank and lettered a-p, which, by and large, correspond to the formations into which the outcropping Jurassic-Lower Cretaceous succession of Central Arabia is divided. The division into groups is broadly based on change of fauna but, since sharp faunal limits are not possible, the boundaries between the various groups are arbitrary, taken where possible at lithological change.

These subdivisions have been grouped as follows :

UPPER MUSANDAM LIMESTONE (Uppermost Jurassic to Lower Cretaceous) : Groups g-p . 567 m
LOWER MUSANDAM LIMESTONE (Jurassic) : Groups a-f .... 908 m

The above thicknesses of the Musandam Limestone were directly measured in sections of steeply dipping beds with evidence of movement along the bedding planes : they might, therefore, be very inaccurate. Since, however, they are of the same order as those of comparable beds elsewhere in the Middle East they are accepted as reasonably accurate.

Age and correlation. — The Musandam Limestone is, by and large, part of the great belt of Jurassic-Lower Cretaceous limestones formed from the carbonate sediments on the southern off-shore shelf of Mesozoic Tethys and extending across North and East Africa, Lebanon, Israel, Arabia and south-west Iran. Through its extent this belt of limestones maintains a general lithological succession, though at times and in places it may be temporarily replaced by mudstones, evaporites, or, rarely, sandstones. Its fauna, though subject to geographical variation, maintains a characteristic composition of large thick-shelled gastropods, lamellibranchs and brachiopods with occasional echinoid faunas and coral-stromatoporoid reefs or reef debris. In nearby areas such faunas have been described from the Bihen Limestone of Somaliland, the Moghara Limestone of Sinai, the Hermon Limestones of the Lebanon, and have been collected, though not described in detail, from the Kurnub Limestone of Israel and the Khumi Limestone of S. W. Iran. Ammonites and belemnites occur very sporadically in these faunas and none have been found in the Musandam Limestone.

The ages of the various groups of the Upper Musandam and the upper part of the Lower Musandam are based on a succession of foraminiferal faunas, the details of the succession, though not their ages, being well established by subsurface work in Dukhan, Qatar. The faunas are common, however, in the Middle East, and in Northern Iraq and in Kurnub their ageing is, in part, controlled by the occurrence of ammonites or well-dated echinoid-molluscan-brachiopod faunas. These foraminiferal age-determinations were supplemented by examination of a representative collection of foraminifera from the Mesozoic outcrop of Central Arabia, the ages of which are also, in

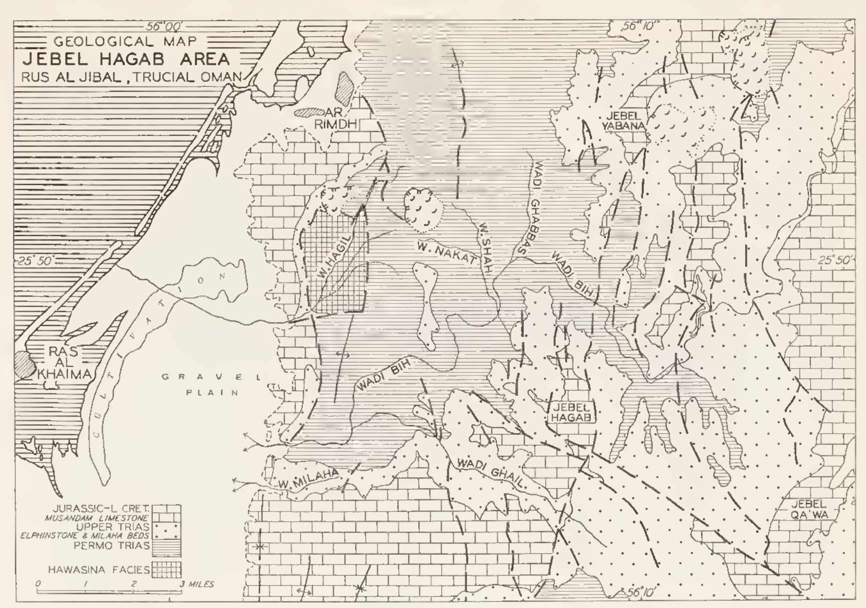
part, controlled by the occurrence of ammonites. This collection was presented to the Iraq Petroleum Company Limited by the Arabian-American Oil Company by the courtesy of R. A. Bramkamp. The foraminifera were examined and compared with those of the Persian Gulf by W. Sugden of the Iraq Petroleum Company. The brachiopod-molluscan and the coral-stromatoporoid faunas, though the former are scanty, contribute significantly to the dating of the Upper and Middle Jurassic since they are comparable to those of Somaliland which have been described in some detail.

Jurassic stage names. — No ammonites have been found in the Musandam Limestone, nor are they common in comparable beds in other areas of the Middle East. Where the Jurassic-Lower Cretaceous beds of the Middle East are markedly fossiliferous they contain lamellibranch and gastropod assemblages with occasional occurrences of abundant echinoderms, brachiopods, or corals and stromatoporoids comparable to those described from Western Tethys. It is therefore the considered practice of the geologists of the Iraq Petroleum Company to group the various faunal assemblages in those stages commonly used in the Tethyan province. In the Upper Jurassic the Tethyan stages used are Argovian, Sequanian and Tithonian. The Sequanian is, by and large, the equivalent of the Lower Kimmeridgian (tenuilobatus zone) of Western Europe; the Tithonian is, presumably, the equivalent of the Middle Kimmeridgian to Purbeckian. It is important to note that the Oxfordian as used here is the approximate equivalent of the lowest part (mariae-cordatum zones) of the Oxfordian of Western Europe.

SECTIONS SAMPLED

In the eastern part of the Hagab area the Musandam Limestone forms the upper part of the high hills and is approximately horizontal; the upper part of Jebel Hagab, for instance, which rises to *c.* 1 500 m, is composed of slightly dipping Lower Musandam Limestone : this, and neighbouring sections were, however, politically inaccessible. The axis of the frontal fold is slightly W of N and E of S, so that northwards it passes out to sea, the more northerly coastal sections being part of the neighbouring Sha'am Anticline. There the folding is less violent and the strata less disturbed, and the crestal Musandam Limestone exposed in Wadi Sha'am is almost horizontal : this section, however, was also inaccessible. The Musandam Limestone was, therefore, sampled and measured in the western limb of the frontal fold where, unfortunately, it is steeply dipping, vertical, or even overturned, and broken by faults or thrusts.

The Hagab structure is drained to the west by the Wadi Milaha, the Wadi Bih with its tributary Wadi Ghail, and the Wadi Hagil, and it was the sections exposed by these wadis which were measured. The highest beds along the mountain front at its junction with the coastal plain vary in horizon : at the entrance to the Wadi Milaha, the most southerly, the strata are about 324 m above the base of the Musandam Limestone ;



Text-fig. 2. — The above map was plotted, from Trimetogon photographs, by L. E. Schlatter of the B.P.M, The Hague. Geological ground control was by R. G. S. Hudson. The heavy broken lines are faults or thrusts. Landslip areas are marked by u. (Scale approx. : 1 : 130 000e).

at Wadi Ghail, the most northerly, they are about 1 470 m above the base and were the highest beds examined by the authors. Details of the sections sampled and measured are as follows :

I. South bank, Wadi Milaha, from junction with Elphinstone beds to strata, at wadi entrance, 324 m above base of Musandam Limestone. Also an isolated section of Beni Zaid Limestone. (Section I, on the southern plunge of the fold, is a strike section turning westwards to a dip section ; Sections II-V are sections through the vertical limb of the fold).

II. South bank, Wadi Bih, from fault embayment to wadi entrance, exposing Beni Zaid Limestone (79 m) and beds above and below (total 209 m).

III. Northern entrance (north bank) to Wadi Bih, exposing Beni Zaid Limestone and beds (60.5 m) above.

IV. North bank, Wadi Hagil. From fault junction with Elphinstone Beds to wadi entrance exposing strata from just above Dolomitic Limestone to the Aptian Limestones (total 1 348 m).

V. Isolated samples from the following sections.
  (*a*) Jebel Hagab.
  (*b*) Mountain front, Khuwair Creek.
  (*c*) Mountain front between Khatt and Labana.
  (*d*) Hill, forming isolated outcrop, near entrance to Wadi Milaha.
  (*e*) Wadi Bih fault embayment, Dolomitic Limestone.

LOWER MUSANDAM LIMESTONE

(*f*) Valvulinella Limestones ; 135 m, Argovian (Upper Oxfordian *auctt.*), (= Hanifa Formation, Central Arabia).

Mainly thick-bedded, fine-grained, limestones often with chert and often pseudo-oolitic. Corals and stromatoporoids common. Foraminifera include *Valvulinella jurassica*, *V. wellingsi*, and *Pseudocyclammina sequana*.

(*e*) Beni Zaid Formation ; 77 m, Oxfordian s. s. (Divesian *auctt.*), (= Upper part of Tuwaiq Limestone, Central Arabia).

Mainly thick-bedded pseudo-oolitic limestones with abundant corals and stromatoporoids. Fauna includes *Valvulinella jurassica*, *Pfenderina neocomensis*, *Shuqraia zuffardiae*, *S. arabica*, *Convexastrea macfadyeni*, *Stylina limbata*, and *Somalirhynchia jordanica*.

(*d*) Trocholina Limestones ; 184 m, Callovian, (= Upper Dhruma Formation and lower part of Tuwaiq Lmst.).

Mainly light-grey, well-bedded, fine-textured limestones, and some pseudo-oolitic limestones. Fauna includes *Trocholina palastiniensis*, *Pfenderina* sp., *Eligmus rollandi* and *Terebratula* cf. *superstes*.

(*c*) Upper Haurania Limestones ; 162 m, Bathonian, (= Middle Dhruma Formation, Central Arabia).

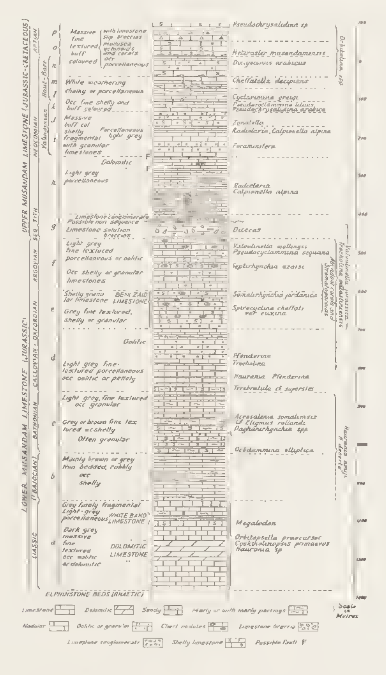
Mainly fine-grained argillaceous limestones, shelly marly limestones, or fine-grained, grey-weathering and often pseudo-oolitic limestones. Fauna includes *Haurania amiji*, *Orbitammina elliptica*, *Eligmus rollandi*, *Liogryphaea costellata*, *Lobithyris* cf. *ventricosa* and *Daghanirhynchia* spp.

(*b*) Lower Haurania Limestones ; 121, m ? Bajocian, (? Lower Dhruma Formation, Central Arabia).

Mainly thin-bedded brown limestones, sometimes with shell debris or rubbly, or thicker bedded pale grey limestone. Sparse fauna includes *Haurania amiji* and *Nautiloculina oolithica*.

(*a*) Orbitopsella Limestones ; 229 m, Liassic, (Upper part = ? Marrat Formation, Central Arabia).

Well-bedded, dark-grey or brown limestones, often argillaceous or sandy, or dolomitic. Includes White Band Limestone in upper part and Dolomitic Limestone in lower. *Orbitopsella praecursor* and *Coskinolinopsis primaevus* common.



TEXT-FIG. 3. — GENERALIZED SUCCESSION OF MUSANDAM LIMESTONE OF JEBEL HAGAB AREA RUUS AL JIBAL (MUSANDAM PENINSULA). (Scale : 1 : 10 000e).

Group a, Orbitopsella Limestones ; 229 m, Liassic.

Lithology and fauna. — These beds are only completely exposed in Wadi Milaha where the south side of the wadi consists of an excellent strike section (Section I) of the Elphinstone and the lower part (groups a and b) of the Lower Musandam. In Wadi Hagil (Section IV) the Lower Musandam is faulted against the Elphinstone cutting out all the lower beds from about 10 m above the Dolomite Limestone. The base of the Musandam Limestone is taken immediately above a light brown, soft, rubbly, shelly limestone with phosphate pebbles, immediately overlying a thin purplish-weathering sandstone. Below it there is a series of limestones, shales, and sandstones, weathering grey, grey-green, brown, and purple, the limestones being usually compact and porcellaneous, occasionally very fossiliferous, the entire formation being lithologically markedly distinct from the overlying Musandam.

The beds of *group a* are well-bedded, often massive, dark-grey or brown limestones, often dolomitic or sandy and occasionally oolitic or fine shelly or pellet limestones. Lightgrey-weathering porcellaneous limestones occur abundantly in the upper part of the group. The limestones from the base of the group to the Dolomitic Limestone are often argillaceous with marl partings. Within *group a* there are two sets of beds which have been used as markers in the field. They are the Dolomitic Limestone, a group of dark brown-weathering, thick-bedded, fine-grained, dolomitic limestones, 51 m thick and 77 m from the base of the Musandam Limestone, and the White Band Limestone [1], 16 m of distinctive light-grey, thin-bedded, porcellaneous limestones, about 50 m above the Dolomitic Limestone. These markers are wide-spread and can be recognised from a distance of many kilometres and are, therefore, useful as markers to the approximate base of the Musandam. They can, for instance, be followed, variously faulted, from J. Hagab to the northern closure of the structure.

The shelly limestones contain ostracods and certain beds contain *Pseudochaetetes*, dasyclad algae, and hydrozoan and bryozoan debris. In the Dolomitic Limestone, especially that exposed in Section Ve, there are abundant nodules, up to 5 cm across, ovoid and concentrically banded but otherwise structureless : these are probably also algal. The porcellaneous limestones contain primitive Charaphyta. In Wadi Milaha the uppermost limestone of the group, 50 m above the Dolomitic Limestone, contains large thick-shelled lamellibranchs, probably *Megalodon*, possibly *Lithiotis*. Foraminifera occur mainly in the fine pseudo-oolitic (pellet) limestones, especially not far below the Dolomitic Limestone and immediately above it. They include *Orbitopsella praecursor* (GÜMBEL) [2], which occurs throughout but is especially common below the

1. The White Band Limestone outcrops across the western face of the peak of J. Hagab, and is thus responsible for its name (Hagab : waist-sash).

2. The type specimens of *Coskinolinopsis primaevus* Henson and specimens of *Orbitopsella* sp. (cf. *O. praecursor* GÜMBEL) are figured by HENSON (1948) from the limestones about 34 m above the base of *group a* in Wadi Milaha (Section I).

Dolomitic Limestone, *Coskinolinopsis primaevus* (Henson), *Haurania* sp., and, above the Dolomitic Limestone, *Haurania* cf. *amiji* Henson, *Dictyoconus*, *Glomospira*, *Halophragmium*, textularids, and trochamminids.

Age and correlation. — *Orbitopsella praecursor* Gümbel was first recorded from the 'Grey Limestone' of the Alpine Lias of the Adige Valley, Northern Italy (Gümbel, 1872). Since then it has been recorded and its age discussed from many neighbouring areas in the Southern Alps, in the Apennines and in the Atlas of Morocco (Le Maitre, 1935). In most areas the facies is comparable and the fauna of the associated beds the same, beds above the Grey Limestone usually containing *Megalodon* and *Lithiotis*. Originally dated as Lower or Middle Lias, *Orbitopsella praecursor* is now generally considered to be of Domerian or even early Toarcian age. The Dolomite Limestone and the beds below to the base of *group a* are, therefore, considered to be of approximately Middle Lias age.

Outcropping Liassic beds of similar facies have not been found elsewhere in Arabia other than in the Oman Range though the lower part of the Marrat Formation (Brankamp and Steineke, 1952) of Central Arabia, which is of Toarcian or Domerian age, is not unlike the lower part of *group a*. In S. W. Persia, however, in certain sections in the foreland ranges of the Zagros, the Lias is similar to that of Oman and contains both *Lithiotis* and *Orbitopsella* (Kent, Slinger and Thomas, 1951).

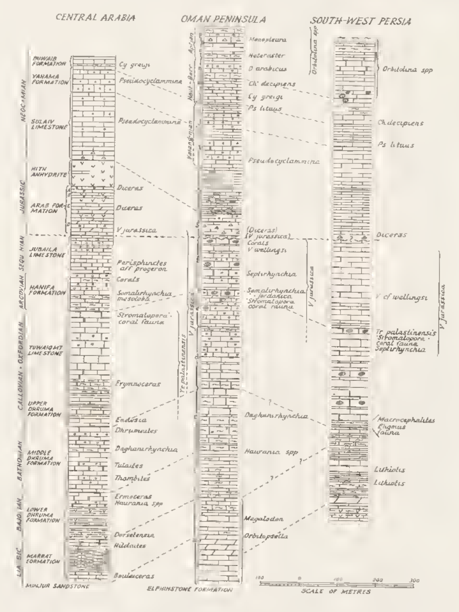
Group b, Lower Haurania Limestones ; 121 m, ? Bajocian.

Lithology and fauna. — This group is fully exposed both on the north side of Wadi Hagil (Section IV), and on the south side of Wadi Milaha (Section I), where the top of the group ends at the sand. The base of the group is taken about 101 m above the Dolomitic Limestone, where there is a marked change of lithology from grey and light-grey massive bedded limestones to thin-bedded sandy and marly brown limestones often rubbly and with shell debris. These limestones continue upwards through the group except that they are less sandy and rubbly : groups of bedded grey limestones also occur. Oolitic and pellet limestones occur sporadically throughout. Foraminifera, apart from textularids and, in the upper part, *Haurania amiji* Henson, are not common. The following also occur : *Haurania* cf. *deserta* Henson, *Glomospira*, *Nummuloculina*, and trochamminids, lituolids and miliolids. The group also sees the entrance of *Nautiloculina oolithica* Möhler, here a small form. Small modiolid lamellibranchs also occur.

Age and correlation. — The age of *group b* is uncertain. The common occurrence of *Haurania* comparable to *H. amiji* and *H. deserta* (see discussion on age of *group c* for the known range of these forms in western Iraq, their type locality) suggests it is of Middle Jurassic age. Its position in the sequence suggests correlation with the Lower Dhruma Formation of Central Arabia in which forms comparable to *Haurania amiji* and *H. deserta* also occur.

Group c, Upper Haurania Limestones ; 162 m, Bathonian.

Lithology and fauna. — The limestones of this group, generally more thin-bedded than those below, were sampled only in Section IV and there, within their arbitrary limits, they are 162 m thick. They consist of an upper and lower part, respectively



TEXT-FIG. 4. — CORRELATION OF JURASSIC-LOWER CRETACEOUS SUCCESSIONS OF TUWAIQ MOUNTAIN AREA, CENTRAL ARABIA (AFTER BRAMKAMP ET AL.) ; JEBEL HAGAB AREA, NORTH-EASTERN ARABIA ; AND SURMEH MOUNTAIN AREA, SOUTH-WESTERN PERSIA (AFTER A. I. O. C. EXPLORATION SURVEYS). (Scale : 1 : 10 000e).

74 m and 88 m thick and lithologically distinct. The lower part consists of fine-grained argillaceous, often pellety, limestones interbedded with shelly, marly limestones, occasionally sandy, often rubbly and with occasional interbedded marls. The marls and marly limestones weather brown or brownish yellow and are often fossiliferous. The upper part is mainly fine-grained, grey-weathering limestone with some pellet or shelly marly limestones : both tend to be oolitic. Marly partings may contain fossils, generally lamellibranch or gastropod casts. Both parts are generally foraminiferal and contain *Haurania amiji* HENSON in some abundance, *Nautiloculina oolithica* MÖHLER, common in the upper part, *Dictyoconus*, and often abundant small textularids, miliolids and trochamminids. *Orbitammina elliptica* (D'ARCHIAC) emend. Bonte occurs abundantly in a 2 m marl near the base of the group. The shelly faunas of the lower part consist of terebratulids, rhynchonellids, echinoids, some bryozoa, numerous ostreids and the usual casts of lamellibranchs and gastropods. The following forms were identified, mainly from the marly beds at the top of the lower part : *Exogyra nana* J. SOWERBY, in some abundance, *Liostrea*, cf. *Lopha costata* J. de C. SOWERBY, *Camptonectes*, *Chlamys curvivarians* DIETRICH, cf. *Eligmus rollandi* DOUVILLÉ, *Pholadomya* cf. *lirata* J. SOWERBY, *Pseudodiadema*, Cidarid spines, *Pygurus* sp., *Acrosalenia* spp. (including *A. somaliensis* CURRIE), and *Thecosmilia* and other corals. *Liogryphaea costellata* DOUVILLÉ occurs in the upper part of the section. The lower 31 m of the section contained abundant brachiopods including *Lobothyris* cf. *ventricosa* (DAVIDSON) *non* HARTMAN (see MUIR-WOOD, 1925), *Daghanirhynchia subversabilis* (WEIR), *D. platiloba* MUIR-WOOD, *Burmirhynchia tumida* BUCKMAN and possibly *Sphenorhynchia plicatella* (J. de C. SOW.), both *Rhynchonella concinna auctt.*

Age and correlation. — The type specimens of *Haurania deserta* HENSON and *H. amiji* were obtained from about 570 ft. depth in water wells in Wadi Amij, Ga'ara, Western Iraq (HENSON, 1948). They are now known to occur in the nearby outcropping Muhaiwir Formation of Bathonian age. The brachiopod fauna is also suggestive of Bathonian since it has similarities with those of the Bathonian of Wadi Zerka, Jordan (MUIR-WOOD, 1925), Moghara (DOUVILLÉ, 1916), and the Muhaiwir Limestone. The remainder of the shelly fauna, such as it is, agrees generally with that of the Bathonian of the Middle East and, in particular, with that of the Middle Dhruma Formation of Central Arabia (BRANKAMP and STEINEKE, 1952).

Group d, Trocholina Limestones ; 184 m, Callovian.

Lithology and fauna. — These beds were sampled in Section IV and their upper part in Section II. Both lithologically and faunally they can be divided into an upper group, 98.50 m thick, and a lower group, 85.80 m thick, which includes, as its base, a 9 m group of fossiliferous limestones and marls, apparently an important horizon for correlation purposes. With the exception of these lowest beds, the Trocholina Limestones are generally unfossiliferous, foraminifera being the only forms identified.

The lower group are light-grey, well-bedded limestones, generally fine-textured and often porcellaneous, occasionally oolitic or pseudo-oolitic and occasionally thick-bedded. They contain little but *N. oolithica*, *Trocholina*, *Trochammina* and various non-diagnostic forms. The fossiliferous beds at their base consist of pseudo-oolitic limestones with much iron-staining and marls with small haematite nodules. Some shell fragments are partly replaced by haematite. The fossils identified include *Calamophyllia flabellum* DE BLAINVILLE, *Eligmus rollandi* DOUVILLÉ, *Terebratula* cf. *superstes* DOUVILLÉ, and various internal casts of lamellibranchs. The upper group of limestones are more oolitic and pellety than the beds below and contain a more varied foraminiferal fauna of *N. oolithica*, *Trocholina palastiniensis* HENSON, *Pfenderina* sp. n., a characteristic Cf. *Haurania* (gen. et sp. n.), and the normal banal species. The uppermost beds contain a few Cf. *Valvulinella* and *Spirocyclina* sp., prophetic of the abundance of these forms in the beds above.

Age and correlation. — The type specimens of *Trocholina palastiniensis* HENSON (1947 a) are from the Erymnoceras Limestones (Middle Callovian) of the Kurnub Anticline, Wadi Hethira, Israel, and it is at about that horizon that *Trocholina palastiniensis* first occurs. This suggestion that *group d* beds are Callovian is supported by the occurence of *Eligmus rollandi* and *Terebratula* cf. *superstes* which have not been recorded above the Callovian. This age allocation and stratigraphical position suggests correlation of the lower part of *group d* with the Upper Dhruma of Central Arabia though ARKELL (1956, and in BRAMKAMP *et al*, 1952) argues that this formation is Upper Bathonian. It is significant that elsewhere in the Middle East and in East Africa the lower part of the Callovian is marked by a break or marked change in sedimentation or by transgression. Such occurrences have been dated at Kurnub (Hudson MS), Somaliland (COX, 1935 ; MUIR-WOOD, 1935) and elsewhere in East Africa and, at present undescribed, in the northern Hugf of S. E. Arabia and in the Hadramaut. In the Surmeh Mt. area of S. E. Persia the base of the Callovian is marked by *Macrocephalites* (ARKELL, 1956) and apparently rests unconformably on the Lias (text-fig. 4). It is suggested that the Eligmus rollandi limestones at the base of *group d* is an expression of this wide spread change.

Group e, Beni Zaid Limestone Formation; 77 m. Oxfordian s. s. (Divesian *auctt.*).

Lithology and fauna. — The type section of this formation is along the south bank of Wadi Bih (Section II). The base of the formation is taken at about 13.5 m above the base of the section. The formation is about 77 m thick and above it the section continues for another 120 m to the entrance of the wadi. The formation is also well exposed on the north bank at the entrance to Wadi Bih (Section III), on the north bank of Wadi Hagil (Section IV), and on the south bank near the entrance of Wadi Milaha.

Its lower part (25 m) is mainly well-bedded (from *c.* 0.3 m to 1.0 m thick), light-grey fine-grained limestone : the remainder is more massive bedded, grey, fossiliferous

pseudo-oolitic (pellet) limestone with chert nodules or stringers; occasional thin beds of non-fossiliferous fine-grained (porcellaneous) limestones also occur in these upper beds. Fossils are mainly rhynchonellids and terebratulids, and abundant corals and stromatoporoids, usually brown and silicified (often beekite), and partly weathering out thus giving a characteristic appearance to the formation.

The formation is characterised by the entrance, in this area, of *Valvulinella jurassica* Henson. In the lower part of the formation *Nautiloculina oolithica* Mohler and *Pfenderina* sp. n. are common and *Valvulinella jurassica* Henson rare. The upper part of the formation has a more abundant fauna of *N. oolithica*, *Pfenderina neocomiensis* (Pfender), *Pseudochrysalidina* sp., *Pseudocyclammina* sp. n., *Spirocyclina choffati* Munier-Chalmas var. *euxina* Charles, *Trocholina* cf. *palastiniensis* Henson, and *V. jurassica*.

Brachiopods, mollusca and echinoids were difficult to collect and were mostly fragmentary. Brachiopods from the upper part of the formation include *Somalirhynchia jordanica* (Noetling), *S. bihenensis* (Muir-Wood), *S. somalica* (Dacqué), and *'Terebratula' aualites* Stefanini. From near the top of the formation *S. jordanica* and *Septirhynchia* sp. were collected. Numerous corals and stromatoporoids, mostly fragmentary and silicified, were collected from the upper part of the formation and a few, including *Lochmaeosmilia aethiopica* Wells, from the lower part. The type of this species is from the Upper Jurassic of Ethiopia (Wells, 1943): similar forms occur in the Upper Jurassic of Kurnub and the Lebanon. The stromatoporoids have not yet been studied but include *Actinostromarianina praesalevensis* (Zuff.-Com.), *Parastromatopora* sp., *Parksia kefetensis* Lecompte, *Shuqraia arabica* Hudson, and *Shuqraia zuffardiae* (Wells). The corals which have been presented to the British Museum (Natural History) and are registered as R 41865- R 41991, have been studied by F. Gosling and the following identified (the number following each name is the number of specimens thus identified):

Astrocoeniidae: *Actinastrea* cf. *browni* (Wells), 1; *A. pentagonalis* (Goldfuss), 1; *Actinastrea* sp., 2; Astrocoenid, 7; *Isastrocoenia* cf. *lobata* (Gregory), 1; *Isastrocoenia* sp. n. ?, 4. Thamnasteriidae: *Thamnasteria aethiopica* Wells, 3; *Thamnasteria* sp., 13; *Thamnoseris* cf. *fromenteli* Koby, 4. Stylinidae: *Convexastrea* cf. *macfadyeni* (Thomas), 10; *C. minima* and *C.* cf. *minima* (Étallon), 6; *Convexastrea* sp. and sp. n., 3; *Cyathophora* sp., 1; *Heliocoenia* cf. *étalloni* Koby, 1; *H.* cf. *humberti* Étallon, 4; *Stylina* cf. *aulhemoides* Meneghini, 1; *S.* cf. *girodi* Étallon, 2; *S.* cf. *limbata* (Goldfuss), 7; *Stylina* spp. n., 8; *Stylina* spp., 11. Calamophylliidae: *Isastrea* sp., 1; *Microphyllia* cf. *gresslyi* Koby, 2; *M. somalica* (Thomas), 2; *Microphyllia* spp. n., 5; *Microphyllia* sp., 3; *Ovalastrea bihensis* Gregory, 1; *O.* cf. *ornata* Koby, 1. Microsolenidae: *Microsolena* sp., 1. Actinacididae: *Dendraraea* sp., 1.

Age and correlation. — The fauna characteristic of the Beni Zaid Limestone is widely distributed in the Middle East and adjoining areas. It has been described from the Somalirhynchia beds of the upper part of the Bihen Limestone and occurs, though not described in detail, in the Harrur Limestone of Ethiopia, the Somalirhynchia Limestones of Kurnub, Israel, the Shuqra Limestone of the Hadramaut and in an

undescribed section in the northern Hugf of Oman, S. E. Arabia. It also occurs in the Surmeh section of S. W. Persia and is presumably the coral-stromatoporoid fauna of the upper part of the Tuwaiq Limestone of Central Arabia. In Kurnub the Somalirhynchia Limestones contain Oxfordian (Divesian) ammonites ; and the Bihen Limestone is now considered to be of Lower Oxfordian age as is the Shuqra Limestone. Though the sequence of stromatoporoid faunas in the Middle East has not yet been worked out, that in the Beni Zaid Limestone is certainly an early one occurring below the more widely distributed Promillepora fauna of Argovian age.

Group f, Valvulinella Limestones ; 135 m, Argovian.

Lithology and fauna. — These beds are only well exposed in Wadi Hagil (Section IV) : southwards they form the mountain front at least to halfway from W. Bih to Khatt and Labana. They are mainly thick-bedded fine-grained limestones, often with chert nodules or thin beds of chert, and occasionally oolitic or pseudo-oolitic. Occasional thin-bedded and low weathering limestones also occur. Corals, mainly massive forms and often large, occur throughout, and stromatoporoids, mainly branching forms, occur in the lower beds. Shells are rare except for occasional layers with brachiopods. *Pfenderina neocomensis* (Pfender) is common throughout and *Valvulinella jurassica* common in the upper part, where it is associated with *Valvulinella wellingsi* Henson. *Pseudocyclammina* spp. occur throughout, one form being identified as *Pseudocyclammina sequana* Möhler. *Nautiloculina oolithica* and *Trocholina* sp. also occur. The holotypes of *Valvulinella wellingsi* Henson (1947 b) and *Kurnubia palastiniensis* Henson (1947 b) were collected from the middle part of the Argovian Limestones of the Kurnub Anticline, Wadi Hethira, Negev, Israel. The holotype of *V. jurassica* Henson (1948 b) was collected from the upper part of these limestones. These Argovian Limestones are approximately the equivalent in stratigraphical succession of the Valvulinella Limestones of the Musandam Limestone. Corals collected include *Astrocoenia* cf. *somalica* Thomas, *Heliocoenia* aff. *variabilis* Koby and *Stylina punctata* Koby.

The corals collected by Lees from the upper part of the Lower Musandam Limestone of Khassab at the entrance of the Elphinstone Inlet (Lees, 1928) and identified by Kühn (1929) as *Convexastraea* cf. *sexradiata* (Goldfuss), *Cyathophora bourgueti* (Defrance), and *Stephanocoenia digitiformis* Kühn came from these beds or the underlying Beni Zaid Limestone.

Stromatoporoids include *Promillepora douvillei* (Dehorne) and *Stromatopora harrensis* Wells. This latter form occurs in the Hanifa Limestone of Central Arabia (Hudson, 1955) associated with a foraminiferal fauna similar to that from the Valvulinella Limestones, and *Promillepora douvillei* is common in the Argovian Limestones of Kurnub.

About 39 m from the base of this group, a thin bed of marly limestone contains nume-

rous Rhynconellids including *Septirhynchia* spp., possibly *S. azaisi* (Cottreau) and *S. pulchra* (Muir-Wood and Cooper).

Age and correlation. — The fauna of these beds is not closely diagnostic and its allocation to the Argovian is based on the similarity of its foraminiferal fauna to that of the Argovian limestones of Kurnub. Noticeably absent are fossils of known Sequanian age such as those of the Cidaris glandarius limestones of southern Arabia and the Lebanon. The limestones of *group f* are correlated on stratigraphical position with the Hanifa Formation : it is doubtful if their upper part is the equivalent of the Jubaila Limestone, in all or in part.

UPPER MUSANDAM LIMESTONE

The subdivision and age allocation of this succession of limestones, 567 m thick, is on a much firmer basis than that of the Lower Musandam Limestone since it is comparable to the succession in the Dukhan Oil Field, Qatar, Persian Gulf, where both lithology and fauna have been carefully worked out. The Dukhan succession (Daniel, 1954) is summarised in text-figure 5. The age of the Riyadh group is generally uncertain. Its lithology has been described by Daniel (1954) : its fauna has yet not been described in detail. The No. 4 limestone at its base contains the algae *Clypeina jurassica* Favre, *Clypeina* cf. *hanabatensis* Yabe and Toyama, *Salpingoporella annulata* Carozzi, *Cylindroporella arabica* Elliott, *Polygonella incrustata* Elliott (Elliott, 1955, 1956, 1957). It also contains an abundance of faecal pellets as *Coprolithus salevensis* Panéjas (Elliott, 1956) and in parts an abundance of coral and stromatoporoid fragments (Daniel, 1954). These include *Cladocoropsis dubertreti* Hudson, *Burgundia* spp., and various species of '*Actinostromaria*'. These occur in abundance in the Sequanian of the Middle East as in the Cidaris glandarius beds of the Lebanon and in the Amran Limestones of the Yemen, and there seems little doubt that the No. 4 Limestone is of Sequanian age. The remainder of the Riyadh Group, including the Hith Anhydrite, is of uncertain age. Stratigraphical considerations suggest that it should be allocated to the Tithonian. The foraminiferal succession of the upper part of the Thamama group (Neocomian-Aptian) is one which occurs elsewhere in Tethys (Leopold & Maync, 1935) and the Middle East generally (Henson, 1947, 1948 ; Grader & Reiss, 1958). It has been worked out in detail in northern Iraq where its age allocation is controlled to a certain extent by ammonites and other mollusca. The succession in the upper part of the Upper Musandam does not depart from the accepted foraminiferal sequence. The lower part of the Thamama group in both Dukhan and the Jebel Hagab area contains Radiolaria, tintinnids and non-diagnostic minute globogerinids and is comparable in facies and faunal phase to the limestones at the Jurassic-Cretaceous boundary in Western Tethys (Colom, 1948, 1955). The base of the Thamama group in Dukhan is taken at the top of the Hith Anhydrite and this is arbitrarily

chosen as the base of the Berriasian (Neocomian) and hence the boundary between Jurassic and Cretaceous. The limestones with anhydrite nodules (see text-fig. 5) might just as well have been included in the Riyadh Group rather than the Thamama Group and the Jurassic-Cretaceous boundary taken at their rather nebulous upper limit.

UPPEB MUSANDAM LIMESTONE

APTIAN ; 86 m.

Group p, Limestone with breccias, with *Orbitolina* spp. : 48 m.
Group o, Molluscan Limestone with *Heteraster musandamensis* ; 38 m.

NEOCOMIAN (upper part) ; 184 m.

Group n, Fine-grained shelly limestones with *Dictyoconus arabicus* ; occasional radiolarian cherts ; 54 m, Hauterivian-Barremian.
Group m, Mainly white-weathering chalky limestone with *Choffatella decipiens* ; 30 m, Hauterivian-Barremian.
Group l, Mainly white-weathering nodular limestone, usually radiolarian or miliolid ; 35 m, Hauterivian-Barremian.
Group k, Light-buff porcellaneous limestone, often finely shelly, with *Pseudocyclammina lituus* : 27 m, Valanginian.
Group j, Buff-coloured shelly limestone with *Nautiloculina oolithica* ; 38 m, Valanginian.

RADIOLARIAN LIMESTONES ; 238 m, Neocomian (lower part).

Group i, Porcellaneous and massive, brown, finely crystalline limestones, with *Calpionella* and *Pseudocyclammina* ; 111 m, ? Valanginian.
Group h, Porcellaneous Limestones with *Calpionella* ; 127.5 m, ? Berriasian.

ASHHAB LIMESTONE ; 58.5 m, uppermost Jurassic.

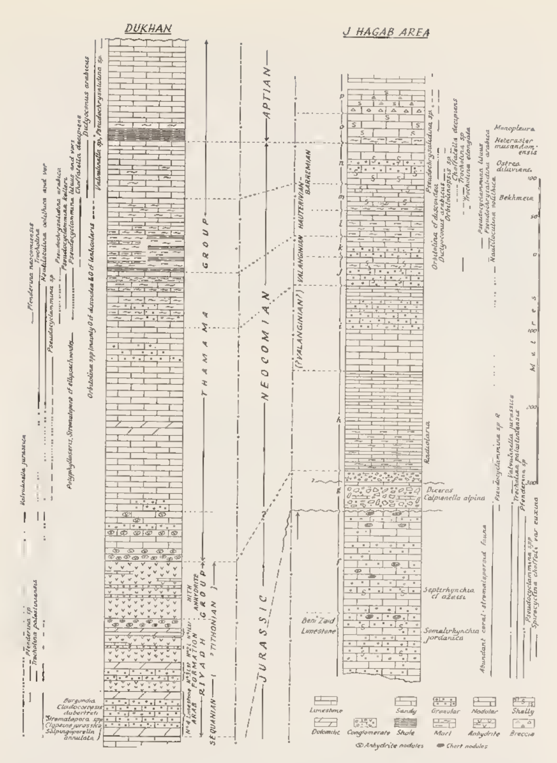
Group g, Limestone with breccias ; 58,5 m, ? Sequanian-Tithonian.

ASHHAB LIMESTONE

Group g, Limestone with breccias ; 58.5 m, ? Sequanian-Tithonian.

Lithology and fauna. — These limestones are characteristically breccia-conglomerates with associated porcellaneous limestones in which *Calpionella* is not uncommon. The succession within the group, sampled and measured by A. McGUGAN and D. M. MORTON, is as follows :

Grey bedded limestone	1.0 m
Conglomerate, with pebbles and cobbles of limestone similar to those below. Weathers dark-brown and rubbly. Some thin beds of limestone	12.0 m
Grey, weathering very light-grey, porcellaneous, thick and thin-bedded limestone with partings of grey, nodular, marly limestone	7.9 m
Dark-grey, massive breccia, with blocks of rudist limestone and fragments of porcellaneous and pseudo-oolitic limestones. Bedding obliterated	13.6 m
As above with interbedded limestone and irregularly distributed chert nodules	17.0 m
Thin-bedded, nodular, marly limestone weathering pale-grey with *Calpionella*	7.0 m



TEXT-FIG. 5. — CORRELATION OF SUBSURFACE UPPER JURASSIC AND LOWER CRETACEOUS OF DUKHAN, QATAR PENINSULA, AND OF JEBEL HAGAB AREA, MUSANDAM PENINSULA. (Scale : 1 : 5 000e).

Radiolaria are abundant in some of the porcellaneous limestones, in others there are miliolids, textularids, trochamminids and small globigerinids. *Calpionella alpina* Renz occurs in some of these limestones. *Valvulinella jurassica* and *Nautiloculina oolithica* Möhler occur in the pseudo-oolitic limestones, possibly limestone fragments. The rudist in some of the limestone-blocks may be *Diceras*.

There is thus, apart from the conglomeratic and brecciated nature of these beds, a marked change in facies between them and the beds below and, since the upper part of the Lower Musandam is apparently incomplete, it is possible that the Ashhab Limestone is unconformable on the Lower Musandam Limestone. There is, however, no evidence of any angular disconformity.

The blocks and cobbles in the breccias and ? conglomerates are limestones which, by and large, might be expected within this group : there is no evidence of derived fragments. This, the nature of the breccias, the fine microbreccia which forms the matrix and the position of the Ashhab Limestone as the equivalent of the limestone-anhydrite Riyadh group suggest that the breccias and conglomerate are either solution breccias or slump-breccias or both. The occurrence of undisturbed limestones across the thick breccia-limestones with obliterated bedding suggests that part of the disturbance was penecontemporaneous.

Age and correlation. — Such beds as these occupying the same stratigraphical position outcrop near Haushi, northern Hugf, though there they contain much more white to light-grey marl and less limestone. These beds contain *Pseudocyclammina* sp., *Burgundia steinerae* Hudson, shell fragments probably *Diceras*, and *Nerinea salinensis* d'Orb. The same horizon with a similar fauna occurs in Fahud Well at 4 729-4 774 ft. and is accompanied by anhydrite. It is the fauna of the No. 4 Limestone of Dukhan, the Alam Abyadh Limestones of S. W. Arabia, the Cidaris glandarius beds of the Lebanon and Kurnub, and of other formations. These faunas are Sequanian in age and it is suggested that the Ashhab Limestone is also, in part, Sequanian.

Above the No. 4 Limestone of the Riyadh Group, there is the limestone-anyhdrite succession culminating in the Hith Anhydrite. Its age is not known other than that it occurs between the Sequanian and the Neocomian. Regional considerations suggest that it is Tithonian. If the Ashhab Limestone is a residual formation it is likely that it is the equivalent of the Riyadh Group as a whole and is, therefore, of Sequanian-Tithonian age.

RADIOLARIAN LIMESTONE (Neocomian, lower part).

Group h. Porcellaneous Limestones with *Calpionella* ; 127.5 m, ? Berriasian.

These beds consist of thin-bedded, light-grey, porcellaneous limestones (calcite-mudstones) with occasional chert nodules, and thin inter-bedded calcareous marls, often yellowish, and more common near the base of the series. It is of interest that

at various levels the limestones and marls are reddish, a common occurrence in beds of this age and facies. Miliolid Limestones occur as well as those with radiolaria and *Calpionella.*

Group i, Porcellaneous and finely crystalline limestones ; 111 m, ? Valanginian.

This group consists of well-bedded limestones, with bedding from about 0.15 m to 0.3 m, alternating in series about 10.0 m to 20.0 m thick with massive, brown and finely crystalline limestones. Both generally are radiolarian, though the massive limestones may contain horizons with foraminifera including *Pseudocyclammina* sp., possibly *Ps. kelleri* HENSON. *Calpionella* cf. *alpina* occurs sporadically throughout.

The age of these two groups can only be inferred from their stratigraphical position and from the occurrence of such radiolarian facies elsewhere in the Middle East. They and the Ashhab Limestones span the succession between the Sequanian and the upper Valanginian. As stated above, the base of the Cretaceous is arbitrarily taken at the base of the Radiolarian Limestones and since *Pseudocyclammina* possibly *Ps. kelleri* occurs in their upper part that is placed in the ? Valanginian suggesting that the lower part is ? Berriasian.

NEOCOMIAN LIMESTONES

Groups j-n, 181 m, Valanginian to Barremian.

Beds of *groups j-n* consist of buff and light-brown finely-shelly limestones, some pellet limestones and a considerable thickness of white chalky limestones. The shelly limestones contain a normal molluscan, echinoid and coral Neocomian fauna, though not in abundance ; the chalky limestones contain, in the main, a microfauna only.

The lowest group (*group j*) has for its lower part 20 m of light-buff, massive, shelly pseudo-oolitic limestone in which there are occasional limestones pebbles. Some beds contain numerous small Exogyrids and rudists. The upper 18 m are similar pellet limestones with gastropods throughout, including *Ampullina syriaca* (CONRAD) and *Tylostoma syriaca* (CONRAD), forms common elsewhere in the Valanginian of the Middle East. The foraminifera include *Nautiloculina oolithica* MÖHLER, *Trocholina* (*Coscinoconus*) possibly *T. alpina* LEUPOLD, and *Pseudochrysalidina arabica* HENSON.

The 27 m of limestone (*group k*) above these beds is a mixture of finely shelly and porcellaneous nodular-bedded limestones containing *Pseudocyclammina lituus* YOKOYAMA and *Pseudochrysalidina arabica* HENSON. These pass upwards into 35 m of limestone (*group l*) easily recognisable by its wavy (nodular) bedding. It is from white to brown weathering, occasionally marly, and has a porcellaneous texture. The microfauna, which is non-diagnostic, is almost exclusively either radiolarian or miliolid : *Calpionella alpina* occurs in the latter fauna. The next 30 m (*group m*) has marly sandy limestone at its base and is then mainly nodular porcellaneous lime-

stone, often white-weathering and chalky, or finely shelly limestone. The microfauna is mainly a non-diagnostic one of textularids, miliolids and small *Trocholina*, but occasionally beds contain *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER, *Quinqueloculina* spp., and *Trocholina* (*Coscinoconus*) *elongatus* (LEUPOLD). It was from these beds that specimens of the stromatoporoid *Bekhmeia* were collected. The only species known is *Bekhmeia wetzeli* HUDSON (1954) from the Hauterivian-Barremian of Bekhme gorge, Kurdistan. Though the Oman species is not the same as that of Kurdistan, it is closely similar and both occur at about the same horizon.

The next 52 m (*group n*) of limestone, generally massive, is light buff-coloured, finely shelly-fragmental, foraminiferal, and occasionally pellety. Exogyrids, echinoid spines, corals, gastropods and fragmental bryozoa and algae are not uncommon but, with the exception of *Ostrea diluviana*, were either unextractable or unidentifiable. The microfauna includes *Dictyoconus arabicus* HENSON, *Orbitolina* cf. *discoidea* GRAS var. *delicata* HENSON and *Orbitolinopsis*. In these beds, between the massive limestones, thin beds (2 or 3 cms) of greenish chert sometimes occur, usually much shattered and containing radiolaria. These beds occur also on the mountain front opposite Khuwair Creek (Sect. V b).

APTIAN LIMESTONES AND BRECCIAS

Group o, Molluscan Limestone with *Heteraster* ; 38 m.

This group consists of buff-coloured, massive, occasionally oolitic, fine-grained shelly limestones, with abundant Cf. *Caprinula cedrorum* BLANCKENHORN (up to 8 cms across). Exogyrids are common, and both astraeiform and phaceloid corals occur in the lower beds. *Orbitolina* cf. *discoidea* GRAS also occurs. From the scree of these beds the following fossils were collected : *Heteraster musandamensis* LEES, *H.* aff. *couloni* AGASSIZ, *Harpogodes pelagi* BRONGNIART, *Hinnites renevieri* COQUAND, Cf. *Pholadomya gigantea* SOWERBY, *Pterodonta* cf. *altispira* WHITFIELD and various other unidentifiable mollusca, mostly internal casts. All the above forms were recorded by LEES (1928 b) from the upper part of the Musandam Limestone and considered by him to be of Barremian age. Their known range and their occurrence elsewhere in the Middle East suggest that they may possibly be Lower Aptian, especially as the types of some are from the Urgonian (Barremian-Lower Aptian).

Group p, Limestone with breccias ; 48 m.

These beds have not only faunal but also lithological distinctiveness. The lowest 18 m is as follows :

Limestone breccia, with fragments of grey and white limestone, not oriented, up to 5 m across; matrix of finely fragmental limestone. Top bed is brown and marly with occasional fragments; base is potholed into limestone below.. 1.5 m

Shelly limestone with corals (*Calamophyllia*) and rudist fragments.....	3.0 m
Limestone breccia, with long fragments of laminated limestone; other fragments rounded	0.5 m
Laminated brown limestone with breccia-lenses with fragments up to 0.5 m across..	1.0 m
Limestone with patches of breccia	3.0 m
Limestone and limestone breccia, in general as above	9.0 m

The fragments in the breccias, tightly packed and partly rounded, are of various types of limestone including completely recrystallised metamorphosed limestone. The matrix is sometimes sandy. The fauna of matrix and fragments do not differ : they both contain *Orbitolina* cf. *discoidea* Gras, *O.* cf. *lenticularis* Blumenbach and *Pseudochrysalidina* sp. The breccias are interpreted as contemporaneous slump-breccias.

The upper 30 m, not completely exposed, are light-buff, fine-grained, massive limestone, with obscure bedding. There are occasional layers, especially near the base, with gastropod and exogyrid debris.

Manuscrit remis le 10th April 1958.

LIST OF REFERENCES

ARKELL, W. J. 1956. — Jurassic Geology of the world. 806 p. London.

BRAMKAMP, R. A. and M. STEINEKE. 1952. — Stratigraphical Introduction *in* W. J. Arkell, Jurassic ammonites from Jebel Tuwaiq, Central Arabia. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, (B)**236**, 241-313.

COLOM, G. 1948. — Fossil tintinnids : Loricated infusoria of the Order of the Oligotricha. *Journ. Pal.*, **22**, 233-263.

— 1955. — Jurassic-Cretaceous pelagic sediments of the western Mediterranean zone and the Atlantic area. *Micropalaeontology*, **1** (2), 109-124.

COX, L. R. 1935. — Jurassic Gastropoda and Lamellibranchia, p. 148-197 in W. A. Macfadyen *et al.*, Mesozoic Palaeontology of British Somaliland. London.

DANIEL, E. J. 1954. — Fractured reservoirs of Middle East. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 38, 774-815.

DOUVILLÉ, H. 1916. — Les terrains secondaires dans le massif du Moghara à l'est de l'isthme de Suez. *Paléont. Mém. Acad. Sci. France*, (2) **54**, 1-184.

ELLIOTT, G. F. 1955. — Fossil calcareous algae from the Middle East. *Micropalaeontology*, **1** (2), 125-131.

— 1956. — Further records of fossil calcareous algae from the Middle East. *Micropalaeontology*, **2** (4), 327-334.

— 1957. — New calcareous algae from the Arabian Peninsula. *Micropalaeontology*, **3** (3), 227-230.

GRADER, P. and Z. REISS. 1958. — On the Lower Cretaceous of the Heletz area. *Bull. Geol. Surv. Israel*, no. 16, 14 p.

GÜMBEL, C. W. 1872. — Ueber zwei Jurassic Vorläufer des Foraminiferen-Geschechtes Nummulina und Orbitulites. *N. Jb. Min.*, 211-260.

HENSON, F. R. S. 1947 a. — Foraminifera of the genus *Trocholina* in the Middle East. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (11) **14**, 445-459.

— 1947 b. — New Trochamminidae and Verneuilinidae from the Middle East. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (11) **14**, 605-630.

— 1948. — Larger imperforate foraminifera of south-western Asia. British Museum (Natural History), 127 p. London.

HUDSON, R. G. S. 1954. — A new Lower Cretaceous stromatoporoid, *Bekhmeia welzeli*, from Northern Iraq. *Journ. Pal.*, **28**, 47-51.

— 1955. — On the Jurassic stromatoporoids. II, *Milliporidium* and '*Stromatopora*' from Central Arabia. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (12) **8**, 317-320.

HUDSON, R. G. S., A. MCGUGAN and D. M. MORTON. 1954. — The structure of the Jebel Hagab area, Trucial Oman. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, **110**, 121-152.

KENT, P. E., F. C. SLINGER and A. V. THOMAS. 1951. — Stratigraphical exploration surveys in South-West Persia. *Proc. Third World Pet. Congr. Sect. I, Geology, Geophysics*, p. 141-161.

KÜHN, O. 1929. — Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie von Oman (Ost. Arabien). *Ann. Nat. Mus. Wien*, **43**, 13-18.

LEES, G. M. 1928 a. — The physical geography of south-eastern Arabia. *Geog. Journ.*, **71**, 441-470.

— 1928 b. — The geology and tectonics of Oman and parts of south-eastern Arabia. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, **84**, 585-670.

LEUPOLD W. and W. MAYNC. 1935. — Das Auftreten von *Choffatella*, *Pseudocyclammina*, *Lovcenipora* (*Cladocoropsis*) und *Clypeina* in alpinen Faziesgebiet. *Ecl. geol. Helv.*, **28** (1), 129-139.

LE MAITRE, D. 1935. — Description des spongiomorphides et algues ; Études pal. sur le lias du Maroc. *Note et Mém. Serv. Mines Carte géol.*, no. 34, 19-58.

MUIR-WOOD, H. M. 1925. — Jurassic brachiopods from the Jordan valley. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (9) **15**, 181-192.

— 1935. — Jurassic Brachiopoda, p. 75-147 *in* W. A. Macfadyen *et al.*, Mesozoic Palaeontology of British Somaliland. London.

— 1937. — The Mesozoic Brachiopoda of the Attock District. *Pal. Indica*, n. s., **20** (6), 36 p.

PILGRIM, G. E. 1908. — The geology of the Persian Gulf and the adjoining portions of Persia and Arabia. *Mem. Geol. Surv. India*, **24**, 177 p.

THOMAS, D. 1935. — Jurassic corals and hydrozoa, together with a re-description of *Astraea caryophylloides* Goldfuss, p. 29-39 *in* W. A. Macfadyen *et al.*, Mesozoic Palaeontology of British Somaliland. London.

WELLS, J. W. 1943. — Palaeontology of Harrar Province, Ethiopia : Part 3, Jurassic Anthozoa and Hydrozoa. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **82** (2), 37-53.

CONTENTS

CONTRIBUTION A LA GÉOLOGIE DE LA TRANSJORDANIE

PAR

René WETZEL ET **D. Michael MORTON**,

GÉOLOGUES DE L'IRAQ PETROLEUM COMPANY LTD, LONDRES.

AVANT-PROPOS

De longue date, la vallée du Jourdain et la mer Morte, la plus basse dépression terrestre, ont retenu l'attention des géologues. L. LARTET en donna la description dès 1869 et depuis bien des géographes et géologues y sont passés. L'étude détaillée ne fut pourtant abordée qu'après la Première Guerre mondiale; d'abord par G. S. BLAKE, puis par les géologues de Compagnies pétrolières : par B. K. N. WYLLIE, K. A. CAMPBELL et G. M. LEES de l'Anglo-Iranian Oil Company Ltd en 1923, par F. E. WELLINGS, E. J. DANIEL et L. DAMESIN, de l'Iraq Petroleum Company Ltd en 1935.

Les données acquises restaient encore fragmentaires ou inédites lorsqu'en décembre 1945 l'*Iraq Petroleum Company* (I. P. C.) nous chargea d'établir la coupe stratigraphique des terrains affleurant sur le versant oriental, transjordanien du sillon de la mer Morte et du Jourdain et d'en étudier les variations latérales. Nous avons exploré ce versant depuis le Nahr el Zarqa au N de la mer Morte, jusqu'à l'Ouadi Hasa au S, sur une longueur de plus de 130 km. Le pays tourmenté et aride nous obligea à des prouesses d'endurance.

D'autres explorations et études ont été faites depuis. Pour le compte de la Petroleum Development Transjordan, filiale de l'I. P. C., S. N. NASR avec C. ANDRÉ et G. MEDAISKO ont exploré le plateau transjordanien ; puis S. NASR et D. M. MORTON ont étudié la partie méridionale du bord du plateau, entre Pétra et Aqaba. D'autre

part, A. M. Quennell, géologue du Gouvernement de la Jordanie de 1946 à 1948, a dressé une carte géologique au 500 000e du pays, par confrontation de nos données de terrain et de vues aériennes prises par la Royal Air Force ; cette carte est commentée dans une brève notice (1951).

C'est l'ensemble de ces données que nous avons utilisées dans ce mémoire, en particulier des données inédites des missions de 1923 et 1935.

Nos coupes types ont été mesurées à la planchette et à l'alidade télescopique ; les bancs ont été relevés un à un à l'aide du mètre à ruban. 1 200 échantillons ont été prélevés. La puissance totale de la série observée est de 5 900 m.

Les coupures de la série stratigraphique ont été prises en accord avec nos collègues opérant à l'W du sillon de la mer Morte, en Palestine.

Les termes lithologiques ont été arrêtés conformément aux recommandations de l'*Am. Ass. Petr. Geol.* [1] : priorité a été donnée aux termes déjà publiés s'ils ne prêtaient pas à confusion sur le terrain ; de nouveaux termes ont été créés d'après les noms de lieux offrant les meilleures coupes.

Enfin l'équivalence chronologique des termes lithologiques a été indiquée aussi précise que possible.

Nous exprimons notre gratitude à nos collègues qui ont contribué à ce mémoire, à ceux qui nous ont communiqué les résultats inédits des explorations de 1923 et 1935, à nos chefs et camarades de l'I. P. C. ; F. E. Wellings et le Dr F. R. S. Henson nous ont guidés de leurs conseils ; L. Damesin et S. Nasr nous ont fait bénéficier de leur expérience de la Palestine ; P. M. V. Rabanit a déterminé nos microfaunes et partie des macrofossiles ; le Dr A. H. Smout a contribué à la mise au point de nos listes de microfaunes ; le Dr R. G. S. Hudson nous a communiqué des données paléontologiques inédites ; E. S. Elliott nous a assistés dans les recherches bibliographiques.

Nous devons remercier la Direction de l'I. P. C. d'avoir autorisé et encouragé la publication de ce mémoire.

L. Dubertret, en recevant ce texte dans les *Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient*, s'est chargé de sa préparation à l'impression ; nous lui exprimons également nos vifs remerciements.

1. C. H. Ashley, (1939). Classification and nomenclature of rock units. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 23, n° 7, p. 1098.

Tableau stratigraphique.

Précambrien (,)	Soubassement granitique d'Aqaba	
	Conglomérats de Saramuj ; dykes	
	———————— pénéplanation	
Primaire (p)	Série gréseuse de Pétra, comprenant :	
Cambrien (k)	— grès et conglomérats de Quweira calcaire et marne gréseuse de Burj	
Silurien à Permien	— grès de Qunaya grès de Ram - grès d'Um Sahm	
Secondaire	*Sud*	*Nord*
Trias (t)	grès d'Um Sahm	Calcaire et marne gréseuse de Raman : — formation deltaïque de Humrat Na'in — calcaire de Hisban — formation gypsifère de Zarqa
Jurassique (j)		
Lias (j 1)	grès de Subeihi	grès à plantes de Subeihi
Bajocien (j 2) Bathonien (j 3) Callovien (j 4)		calcaire et marne gréseuse de Huni
		discordance, érosion -
Jurassique sup.		
Crétacé (c)		
Néocomien (c 1) Aptien (c 2) Albien (c 3) base du Cénomanien	grès de Hathira	
	transgression ——	
Cénomanien (c 4) Turonien (c 5) Santonien (c 6')	calcaire de Judée	
	- discordances locales	
Campanien (c 6") Maestrichtien (c 6''')	Calcaire à silex de Qatrane Marne crayeuse de Ghareb	
	———— discordances locales —	
Tertiaire		
Paléocène (e 0)	Marnes de Taqiye	
Éocène inf. et moy. (e 1-e 2)	Craies siliceuses de Sar'a : calcaire à Nummulites de Maan	
Éocène supérieur (e 3)	Craies de Dhahkiyé (O. Sirhan)	
	discordance -	
Oligocène (e 4)	Marnes et calcaires de la région de Taiyiba (marins)	
Néogène (n)	Série clastique d'Usdum (continentale)	
Quaternaire (q)	Marnes gypseuses de Lisan, alluvions	

TERMES PARTICULIERS

Calcaire meleke (mot arabe signifiant « royal ») : calcaire grossier recristallisé, d'apparence marmoréenne, très recherché pour le bâtiment ; calcaire à Rudistes et à Nérinées du Cénomanien et du Turonien (Picard, 1931 *a*).

Calcaire mizzi (mot arabe signifiant « excellent ») : calcaire semi-cristallin, également recherché pour le bâtiment.

Mizzi helou : calcaire blanc, compact, à Milioles, avec bancs à Nérinées et à Rudistes et à intercalations siliceuses à Actéonelles.

Mizzi ahmar : calcaire dolomitique rougeâtre (Picard, 1931 *a*).

Kakhule : calcaire pur, d'apparence crayeuse, mi-dur, généralement blanc, parfois teinté de rose en zones concentriques.

Phacoïdes (loaf concrétions) : concrétions de dolomies fétides ou de calcaires silicifiés, de la forme d'une sphère aplatie, pouvant atteindre jusqu'à **1** et 2 m de diamètre.

Shale : argile schisteuse, s'écaillant à l'air.

Les noms géographiques sont orthographiés selon les cartes topographiques en usage, avec transcription phonétique anglaise ; notons que celle-ci varie parfois suivant les éditions ; nous écrirons cependant Ouadi, au lieu de Wadi.

Abréviations : N. pour Nahr, rivière ; J. pour Jebel, montagne ; O. pour Oued, ravin ; R. pour Redjm, tas de pierres.



FIG. 1. — SYMBOLES LITHOLOGIQUES UTILISÉS DANS LES COUPES STRATIGRAPHIQUES.

I. — VUE D'ENSEMBLE

Le golfe d'Aqaba, l'un des grands accidents de l'Est africain, se prolonge dans le sillon rectiligne, méridien, de la mer Morte et du Jourdain qui s'étend sur plus de 400 km. Sur de longs tronçons, celui-ci est encadré par des failles, au tracé compliqué, mais dans l'ensemble continu (fig. 2).

Le bloc transjordanien est plus élevé que son opposé cisjordanien ; le bord du plateau y conserve une cote régulière de 800 à 1 200 m, avec quelques points à 1 100 m.

Les failles bordières sont verticales ou faiblement inclinées vers le fossé. Leur rejet dépasse 2 000 m, exceptionnellement 3 000 m, sur le bord oriental, tandis que sur le bord occidental elles ont le caractère d'une série de flexures et de ressauts monoclinaux de moindre amplitude.

Ces failles recoupent, de part et d'autre de la mer Morte et du Jourdain, des structures orientées SSW-NNE (fig. 3). Celles-ci sont courtes du côté transjordanien et s'éteignent dans la marge du plateau. Ces axes transjordaniens ont leur réplique de l'autre côté du fossé, mais leur continuité à travers la zone effondrée n'est pas prouvée.

Ces structures ont influencé les failles bordières ; ainsi, sur le bord oriental du fossé, plusieurs de celles-ci dévient, vers le N, de la direction méridienne pour suivre le flanc des structures obliques et chacune est relayée, à quelques kilomètres au N, par une nouvelle faille méridienne. Ainsi à Feinan, Edh Dhira et dans l'O. Hisban, au NE de la mer Morte [1].

Le plancher du fossé s'abaisse d'abord du N au S, de + 70 m au lac Houlé, à — 392 m à la mer Morte, soit de 462 m pour 118 km ; ensuite il remonte dans l'O. Araba jusqu'à la cote + 210 m pour retomber au niveau de la mer, à Aqaba.

La répartition des affleurements des terrains est étroitement liée à l'orographie et à la tectonique (fig. 2 et 6).

Le fossé est tapissé de couches quaternaires, à peine gauchies, et de placages néogènes, plus ou moins redressés contre les failles.

Le socle granitique de la Péninsule Arabique, largement dégagé sur les côtes de la

1. Picard (1931 *a*) avait déjà attiré l'attention sur l'existence de telles failles enveloppantes, *crescentic faults*, sur le bord occidental du fossé, à la hauteur de Jéricho : mais là, les failles bordières s'incurvent franchement vers le NW, transversalement aux axes des plissements. Cette tendance des failles à éclater en éventail se trouve plus prononcée encore à l'approche des massifs libano-syriens, ainsi que l'a observé Dubertret, au S de l'Hermon (1951 *c*).



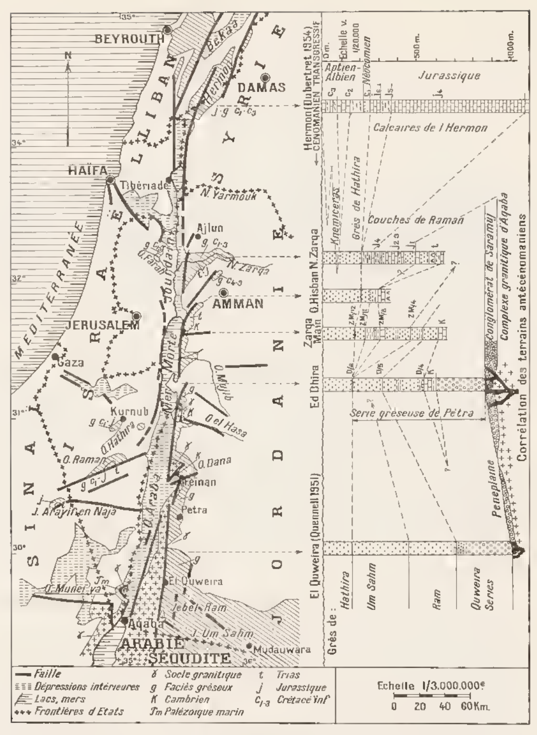


FIG. 2. — ESQUISSE DES AIRES D'AFFLEUREMENT DU SOCLE GRANITIQUE (*croix*) ET DES SÉDIMENTS ANTÉ-CÉNOMANIENS (*hachures obliques*), ENTRE AQABA ET BEYROUTH. Colonnes stratigraphiques et corrélations.

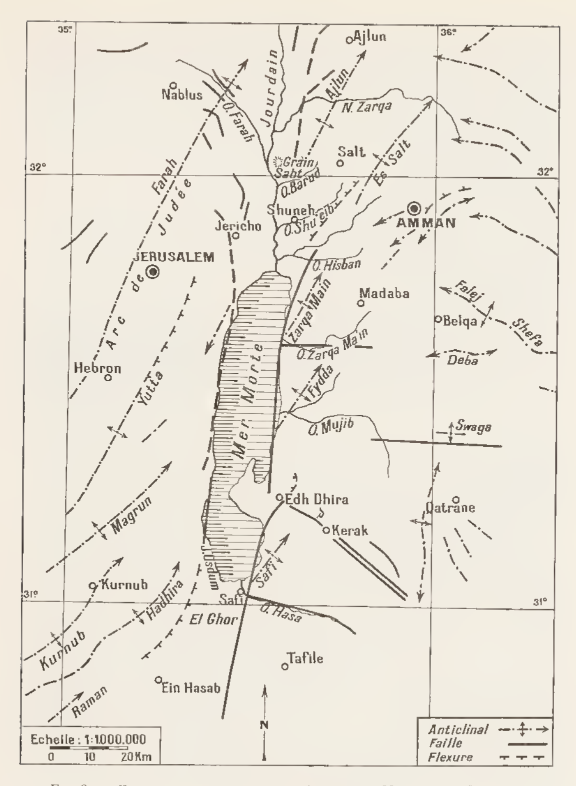


Fig. 3. — Esquisse structurale du fossé de la mer Morte et du Jourdain.

mer Rouge, reste visible sur le bord du plateau jordanien jusqu'à l'approche de la mer Morte (fig. 2). Dessus reposent des grès quartziques paléozoïques et mésozoïques ; ils sont coiffés par du Crétacé, lequel s'étend vers l'intérieur du plateau et supporte quelques taches d'Éocène. La zone d'affleurement des terrains précénomaniens ne dépasse pas 15 km de largeur, sauf au N. el Zarqa, où elle va jusqu'à 35 km.

Les terrains exposés sur le versant transjordanien du fossé plongent insensiblement vers le N, de sorte que, du S au N, disparaissent successivement le granite, les grès paléozoïques, puis le Trias ; dans l'Hermon et le Liban, les plus anciens niveaux exposés sont jurassiques.

A la pointe S de la mer Morte, dans l'anticlinal de Safi, le Cénomanien marin coiffe la série gréseuse paléozoïque et mésozoïque à une altitude voisine de 600 m. Il s'abaisse rapidement, au N, vers le synclinal d'Edh Dhira.

Celui-ci offre un bel exemple de déviation de la faille bordière (fig. 1 et 8) ; elle commence à s'incurver vers le NE, à l'embouchure de l'O. Esal, où elle met en contact des calcaires cénomaniens, fortement redressés, avec des grès paléozoïques restés horizontaux, le rejet étant de 500 m ; le long du flanc de la structure de Safi, la faille prend le caractère d'une flexure monoclinale allant en s'atténuant vers le NE.

Le synclinal à faille enveloppante d'Edh Dhira, large de moins de 10 km, est comblé de séries détritiques néogènes qui s'abaissent jusqu'au niveau de la mer Morte. L'anticlinal de Fydda, qui suit au N, expose, à la base, des grès paléozoïques. Dans la région crestale, le Cénomanien a été érodé assez largement, de sorte que le bord du plateau recule vers l'E. L'anticlinal de Zarqa Ma'in, situé à 15 km au N, comporte, à la base d'une puissante série de grès, un noyau de Cambrien marin. C'est le dernier affleurement cambrien vers le N. Au coin NE de la mer Morte, la faille bordière s'incurve vers le NE et se termine dans un monoclinal, fortement incliné vers le NW, dans lequel affleure du Trias à faciès Muschelkalk (fig. 9). C'est là le témoin de la première ingression marine franche post-cambrienne dans la série des grès quartziques, qui formait jusqu'ici l'élément dominant de la série sédimentaire.

A partir de O. Hisban (fig. 9-10), le rebord du plateau s'écarte sensiblement vers l'E, découvrant une région montagneuse de quelque 30 km de large ; le paysage change, devient moins désolé. A environ 4 km en échelon vers le N du monoclinal de Hisban, vient l'anticlinal d'Es Salt ; sa carapace de calcaires crétacés moyens est entamée, à Suweilih, par un cirque d'érosion dans lequel pointent des grès crétacés inférieurs. Séparé par un synclinal aigu qui, au N de Shuneh, abaisse le Crétacé supérieur jusqu'au niveau de la vallée du Jourdain, vient finalement l'anticlinal d'Ajlun. Cette large structure culmine à 1 200 m ; au S du N. el Zarqa, sa carapace de calcaires crétacés moyens s'arrête, dans la région crestale, sur un paysage de grès crétacés inférieurs, profondément ravinés et tombant en falaises successives sur le fossé du Jourdain. Cette retombée occidentale de la structure se trouve tronquée par une faille en croissant.

L'anticlinal d'Ajlun est profondément entamé par le N. el Zarqa, lequel met à nu la série sédimentaire jusqu'au Trias. Le Jurassique, qui au S de l'O. Hisban était absent, ou tout au moins représenté par un faciès exclusivement gréseux, y comporte près de 230 m de marnes et de calcaires marins ; nous sommes, toutefois, encore loin de la puissance atteinte par les calcaires jurassiques de l'Hermon, à quelque 120 km au N.

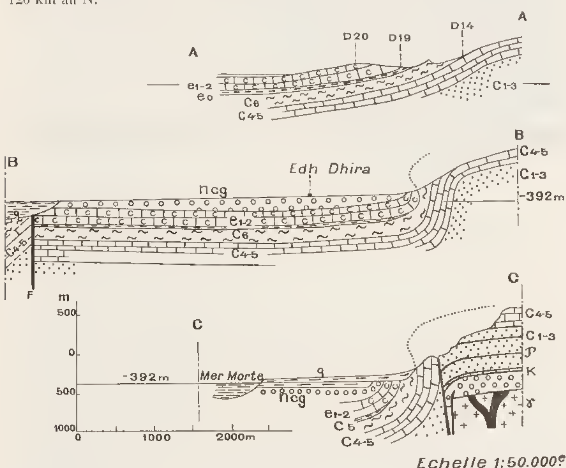


Fig. 4. — Coupes W-E du synclinal d'Edh Dhira (v. fig. 8) : elles montrent comment la faille bordière E du fossé de la mer Morte, déviée vers le NNE parallèlement aux axes des plissements, s'estompe en une flexure, puis s'efface.

Vers le N, la série sédimentaire est masquee par les laves basaltiques du Jebel Druze.

A l'intérieur, le plateau calcaire crayeux est relativement plat et en pente douce vers l'E ; il marque un léger dôme, accentué par la couverture éocène, à Thuleithuwat (fig. 6). Sa limite méridionale, sensiblement orientée W-E sur le parallele d'Aqaba, tombe en falaise sur un paysage de grès lequel a été défini par Blanckenhorn comme

« des blocs de grès dans une mer de sable ». Au NE, le plateau est coupé par un grand accident linéaire : le sillon de O. Sirhan qui, de la pointe S du J. Druze mène vers Jauf, en direction SE ; il est relayé au NW par les dépressions d'Azraq et de Mafraq. En Palestine, la trouée de Haïfa-plaine d'Esdraelon se trouve sensiblement sur le même alignement.

Alors que le plateau proprement dit a émergé à la fin de l'Éocène moyen, le sillon d'Azraq-O. Sirhan contient de l'Éocène supérieur, de l'Oligocène et du Miocène marins ; c'est un fossé de subsidence bien que, en apparence, n'y soient pas marquées des failles en surface.

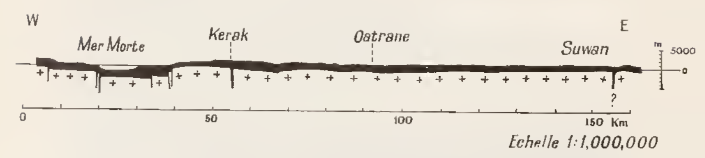


Fig. 5. — Coupe transversale du fossé de la mer Morte et à travers le plateau transjordanien, montrant d'une part le socle granitique (*croix*), d'autre part sa couverture sédimentaire (*en noir*).

Le plateau est affecté par des accidents secondaires qui le divisent en plusieurs tronçons sans en altérer l'unité tabulaire : des failles transversales E-W et obliques, NE-SW à NNE-SSW, qui, à une certaine distance du fossé sont relayées par des flexures. Dans quelques petites structures de la partie orientale affleurent des pointements isolés de calcaires crétacés moyens, ainsi à Arfa, Hasa, Suwan et Fuluq, à l'E d'Azraq.

Sous la couverture sédimentaire relativement peu puissante du plateau se devine l'influence du socle granitique. Sa forme est accusée par un faisceau de flexures qui, issu du coin NE de la mer Morte, décrit un arc convexe vers le N avant de s'incurver vers le SE parallèlement au sillon de l'O. Sirhan. Ces flexures semblent coïncider avec l'augmentation de puissance des grès auxquels sont venus s'incorporer du Trias et du Jurassique marins.

Ainsi, la Transjordanie peut être assimilée à un *éperon N-S du bouclier granitique* de la péninsule arabique s'ennoyant vers le N sous une couverture sédimentaire de plus en plus puissante.

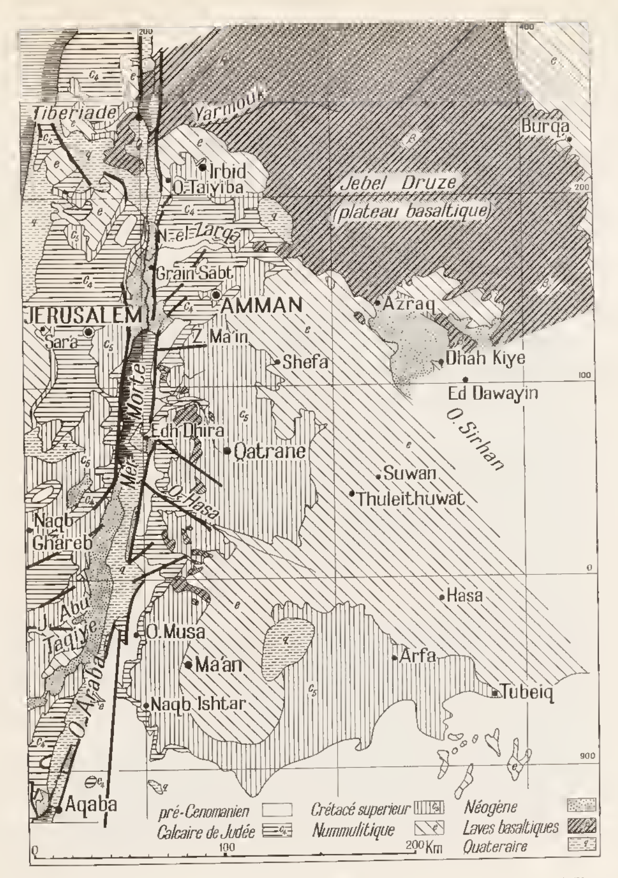


Fig. 6. — Esquisse géologique du fossé de la mer Morte et du plateau transjordanien. Éch. 2 millionième. Localités citées.

II. — STRATIGRAPHIE

LE SOCLE ANCIEN

Soubassement granitique d'Aqaba.
— *Conglomérats de Saramuj.*

Soubassement granitique d'Aqaba.

Au-dessous des terrains sédimentaires faisant l'objet de ce mémoire apparaît, en face de la pointe S de la mer Morte, un substratum précambrien qui se dégage largement en direction d'Aqaba.

L. Lartet (1869) le décrit comme essentiellement constitué par des granites, au-dessus desquels viennent des gneiss, puis des micaschistes, talcschistes, chloritoschistes, schistes à amphibole et phyllades ; des porphyres feldspathiques et quartzifères formant des chaînons orientés SSW-NNE, entre Pétra et la mer Rouge ; des porphyres sans quartz, rouge foncé, moins anciens que les précédents, au S de J. Haroun; des dykes de porphyres bruns, non magnétiques, au SE de la mer Morte.

Blake (1939, p. 59) mentionne des roches éruptives diverses provenant de O. Yutm, entre Aqaba et Quweira, et cite quelques analyses.

Quennell (1951, p. 90) décrit des granites gris comme très altérés, riches en biotite et à teneur égale en oligoclase et orthoclase, et des granites roses pauvres en biotite et en oligoclase mais riches en perthite et microcline; le granite gris serait antérieur au granite rose.

D'après Quennell (1951), l'examen de photographies aériennes révèle trois séries de dykes parallèles, doléritiques, et une série de dykes subparallèles porphyriques. Les dykes doléritiques ont suivi successivement les directions E-W, NE-SW et méridienne. Les dykes acides, plus récents, et de trame beaucoup moins régulière, s'épaississent localement jusqu'à former des masses intrusives informes.

Conglomérats de Saramuj.

Dans l'O. Saramuj, à la pointe SE de la mer Morte, le soubassement granitique est surmonté de « brèches et conglomérats polygènes ». Ceux-ci furent mentionnés successivement par Lartet (1869), Hull (1886 et 1889), Blanckenhorn (1912 *a*, p. 5 et 1914 *a*, p. 12), Fuchs (1915), Blake (1939) et finalement par Picard (1941). Il s'agit

d'une formation de couleur sombre, constituée par des alternances de strates d'arkoses violacées, riches en feldspaths et en micas, et de poudingues grossiers bien cimentés, contenant des galets et blocs roulés de gneiss, granites, gabbros, serpentines, porphyres et dolérites.

Cette formation est pénétrée par les mêmes dykes que le soubassement. Blanckenhorn précise qu'elle n'est pas plissée, tandis que Picard, comme Hull, la voit modérément plissée. Picard (1943) la situe dans l'Algonkien. D'après Vroman (1944, p. 6) les arkoses et conglomérats précambriens sont riches en hornblende.

L'ensemble granite d'Aqaba et formation de Saramuj, y compris les dykes, est raboté en une *pénéplaine* plus ou moins parfaite ; dessus viennent des grès qui reposent en discordance tantôt sur le granite, tantôt sur les couches de Saramuj.

Dans l'*O. Qunaya* (fig. 8 et 11), la formation de Saramuj est constituée de poudingues à éléments multicolores, coupés de bancs de grauwacke. Ces couches, ne dépassant pas 30 m d'épaisseur, reposent sur un porphyre quartzeux, riche en épidote, et sont pénétrées par un dyke de dolérite verte, à augite chloritisée.

Dans l'*O. Dana*, au NE des ruines de Fainan, la formation de Saramuj est représentée par des grauwackes, atteignant 10 m de puissance.

LE PALÉOZOÏQUE

Série gréseuse de Petra [1].

1. — *Formation gréseuse et conglomératique de Quweira.*
2. — *Formation calcaire et marno-gréseuse de Burj (Cambrien marin).*
3. — *Grès de Qunaya.*
4. — *Grès de Ram et Um Sahm.*

I. — Historique.

Russeger (1841-48) introduisit le terme *grès de Nubie* pour des grès quartziques, bien répandus dans le NE de l'Afrique, où ils se dégagent de dessous une converture de calcaires crétacés.

Ce terme a été interprété de manières diverses [2].

En Transjordanie ils ont été signalés pour la première fois par Lartet (1869).

1. Localité type à Ouadi Musa, à 4 km à l'E du site nabatéen de Pétra ($x = 192$, $y = 971$).
2. Diverses interprétations des grès de Nubie en Égypte *in* Haughton, S. H. (1938)) : Précrétacé (Russeger, 1843, Lartet, 1869) ; Crétacé supérieur (Zittel, 1883) ; Crétacé (Barron et Hume, 1902) : Carbonifère à Crétacé (Barron, 1907, Ball, 1918, Little, 1926, Hume et Little, 1928) ; Crétacé inférieur à Crétacé moyen (Hume, 1911-1912) : Trias et Lias (Douvillé, 1916) ; Carbonifère inférieur (Hull, 1885) ; sens exclusivement pétrographique (Fourtau, 1902) ; proposition d'abandon du terme (Moon et Sadek, 1921).

HULL (1886) situe ces grès dans le Crétacé inférieur, tandis que BLANCKENHORN (1914 *a*), puis BLAKE (1939) considèrent que toute la série gréseuse est comprise entre le Précambrien et le Cénomanien transgressif. PICARD (1938), SANDFORD (1914) et VROMAN (1915) ne reconnaissent au terme *grès de Nubie* qu'une valeur purement descriptive de faciès, sans signification stratigraphique précise.

VROMAN (1941) signale que les arkoses et conglomérats précambriens sont particuliers par la présence de hornblende et par l'abondance des feldspaths. Les grès

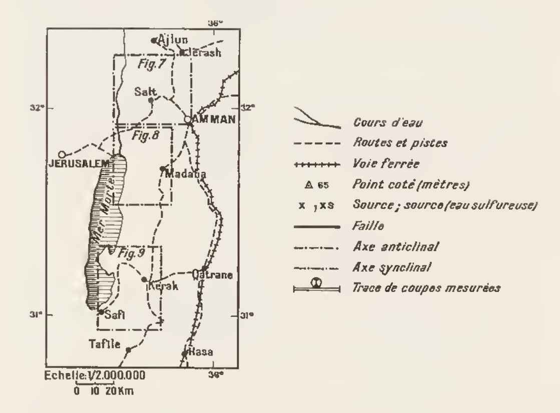


FIG. 7. — TABLEAU D'ASSEMBLAGE ET LÉGENDE DES CARTES GÉOLOGIQUES fig. 8 (en bas), fig. 9 (au centre) et fig. 10 (en haut). — V. au tableau stratigraphique, p. 97, l'explication des symboles.

cambriens contiennent moins de feldspaths et sont dépourvus de hornblende ; leurs grains de sable sont moins anguleux. Les grès post-cambriens contiennent uniquement des minéraux stables, tels que tourmaline, rutile, zircon, etc.

HULL (1886), le premier, a observé des calcaires marins pincés dans les grès paléozoïques, dans l'O. el Hasa, à l'angle SE de la mer Morte.

BLANCKENHORN (1912 *a*, p. 129 et 1914 *a*, p. 12-13) en esquisse la coupe dans l'O. Saramuj et près des ruines d'El Burj, au SE de Safi (v. fig. 8) ; de bas en haut :

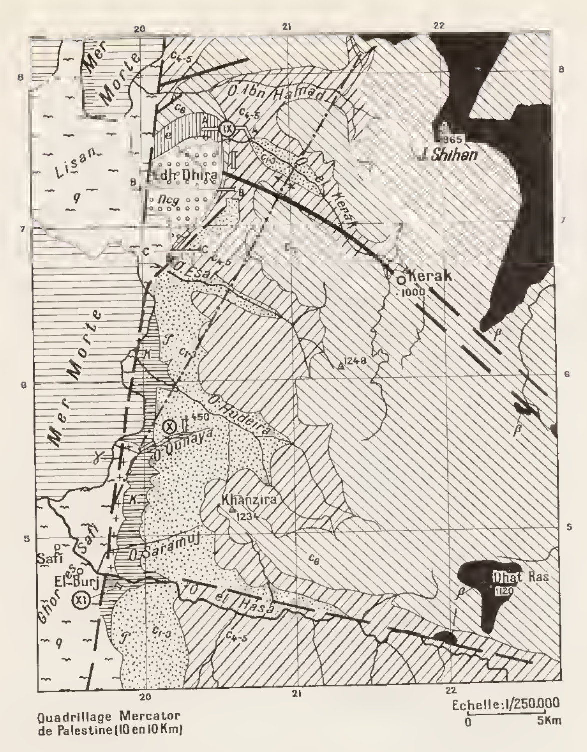


Fig. 8. — Région SE de la mer Morte (v. fig. 7) : Edh Dhira a l'E de la presqu'île de Lisan ; Ghor es Safi au S de la mer Morte. Pointements granitiques les plus septentrionaux, zone d'affleurement du Cambrien.

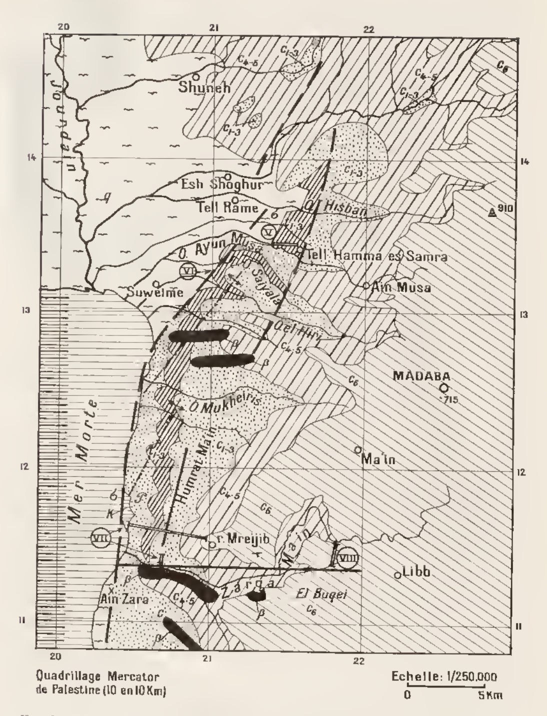


Fig. 9. — Région NE de la mer Morte (v. fig. 7) : Zone d'affleurement du Trias s'étendant de l'O. Hisban jusqu'au N. Zerqa Ma'in.

a) Grès et poudingues, rouges, entrecoupés de niveaux riches en grains de magnétite .... 240 m

b) Marnes vertes et grises .... 14 m

c) Calcaire dolomitique et siliceux, dur, localement oolitique ; fossiles du Cambrien moyen et supérieur : *Siphonotreta* sp., *Paradoxides* sp., *Ptychoparia* sp. ; *Hyolithes* sp. .... 60 m

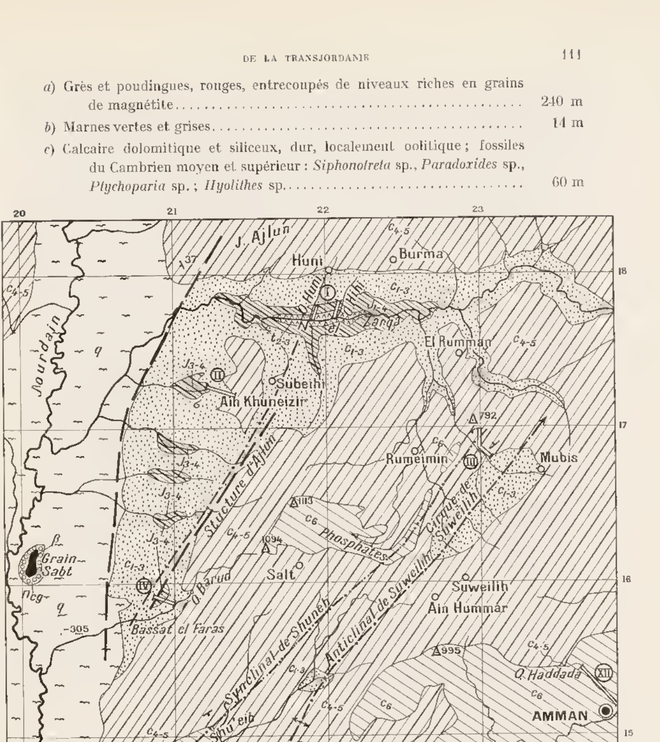


Fig. 10. — Région du N. el Zarqa et d'Es Salt (v. fig. 7) : Pointements jurassiques les plus méridionaux ; plissements à axes SSW-NNE.

WYLLIE, CAMPBELL et LEES (1923) confirment la coupe de BLANCKENHORN et signalent la présence des shales micacés vert pourpre à Trilobites, entre O. Esal et O. Numeira (Hudeira ?). Ils découvrent également, à 1 km au N de l'embouchure du O. Zarqa Ma'in (fig. 9), des calcaires cristallins et gréseux à *Siphonotreta* (?) sp. ; *Micromitra* (*Paterina*) (?) *alata* KING ; *Hyolithes* (*Orthotheca*) sp. groupe *teretes* (?) ; *Anomocare campbelli* KING.

KING (1923) rapporte cette faune au Cambrien moyen et remarque que les Trilobites interprétés comme *Anomocare campbelli* se rapprochent de *A. platycephalum* COBBOLD, forme appartenant aux couches à *Protolenus* du Cambrien inférieur d'Angleterre.

PICARD (1942, p. 7) identifie les *Hyolithes* de KING avec *H. fuchonensis* ENDO et RESSER *var. moabiticus* PICARD. En réexaminant la coupe du SE de la mer Morte, il y découvre *Protolenus orientalis* PICARD, forme qui s'apparente à *P. coreanicus* SAITO. C'est ainsi qu'il est amené à situer le calcaire de Burj entre le sommet du Cambrien inférieur et la base du Cambrien moyen.

Les auteurs assimilaient ces calcaires à un témoin des mers mésocambriennes de la province acado-baltique, se fermant en golfe dans ces parages.

Après la guerre furent connus les travaux de R. et E. RICHTER (1941) qui ont revisé les matériaux de BLANCKENHORN. D'après eux la faune appartient plutôt à la province pacifique et se place bien à la limite du Cambrien inférieur et du Cambrien moyen, avec :

Trilobites : *Redlichia* (*Redlichops*) [1] *blanckenhorni* (nov. subgen., nov. sp.). ; *Ilesa problematica* (nov. gen., nov. sp.); *Palaeolenus campbelli* (KING); *Anomocare campbelli* KING (1923) ; *Kingaspis campbelli* KOBAYSHI (1935).
Brachiopodes : *Obolus radifer* (nov. sp.) ; *Trematobolus palestinensis* (nov. sp.).
Mollusques : *Hyolithes* (*Orthotheca*) *kingi* (nov. sp.).

Au N, le Cambrien marin apparaît de nouveau à *Zarqa Ma'in*, où, au pied de falaises gréseuses imposantes, il émerge de la mer Morte. WELLINGS, cité par BLAKE (1939, p. 65), en avait relevé une coupe sommaire :

Calcaire noir à Trilobites cambriens	6 m
Grès vert et shales azoïques	91 m
Grès pourpres et bruns à faune werfénienne	61 m

BLAKE situe les grès verts dans le Trias, mais PICARD (1942, p. 8) y découvre des empreintes de *Protichnites* et *Cruziana* D'ORBIGNY [2].

1. Nouvelle détermination du genre *Paradoxides*.
2. HENSON signale l'existence de *Cruziana* D'ORB. dans une intercalation argileuse des grès de Pétra, dans la descente de la piste de Naqb Ishtar à Quweira (communication verbale).

Dans l'*O. Munei'ya*, au SW du fossé en Cisjordanie (v. fig. 2) affleure un calcaire que Blake (1935, p. 75), se basant sur la présence de *Siphonotreta* (?) sp. et *Obolus* (?) situe dans le Cambrien. L'âge cambrien de ces calcaires, déjà mis en doute par Shaw (1947), est purement rejeté par M. W. Ball et D. Ball (1953). Ces auteurs situent ces calcaires dans le Carbonifère, mais leur façon de voir n'est nullement étayée sur des données paléontologiques. Sur leur colonne stratigraphique nº 16, ils font seulement état de couches à manganèse à la base et au sommet de ces calcaires.

Blake (1939, p. 115) signale encore des calcaires dolomitiques azoïques, surmontés d'un niveau manganésifère, dans le bas des grès à *O. Dana*, à 40 km au SSE de la mer Morte. Il les situe dans le Carbonifère et propose la corrélation du niveau manganésifère de *O. Dana* avec celui qui couronne du « Carbonifère » marin au SW du fossé.

Dans ces mêmes calcaires, dont l'épaisseur ne dépasse pas 10 m, Picard (1943, p. 179-183) a découvert un Brachiopode articulé, du genre *Platystrophia*. Ce fossile s'étend de l'Ordovicien moyen au Gothlandien moyen des stratigraphes nord-américains. Picard en conclut que le bouclier arabe a été recouvert par une importante transgression marine au Silurien et que la conception d'un âge carbonifère du calcaire de *O. Munei'ya* est à rejeter. Il pense d'ailleurs que les *Obolus* de Blake pourraient être des formes siluriennes et que la détermination de *Siphonotreta* serait à reviser.

Quennel (1951) relève, dans la région de Quweira, à 90 km plus au S, la succession suivante (de bas en haut) :

Quweira series, grès et poudingues, 300 m ;
Ram sandstone, grès massifs, jaunâtres et blancs, 250 m ;
— *Um Sahm sandstones*, grès roses, rouges et mauves, en gros bancs bien lités, 300 m ;
— *Kurnub* (*Hathira*) [1] sandstone.

Il signale que les grès de Ram sont sillonnés de diaclases, mais que les grès de Um Sahm en sont exempts. Il établit la corrélation des grès supérieurs avec les grès crétacés inférieurs *s. l.* de Kurnub, en Palestine.

II. — Descriptions locales.

Entre *Edh Dhira* et le *Ghor es Safi*, le versant oriental du fossé donne une coupe complète de la série gréseuse, au-dessus de la pénéplaine du socle granitique et des poudingues de Saramuj (fig. 8, 11 et 12) ; de bas en haut :

1. Grès crétacés inférieurs, v. p. 134.

Bas de la coupe à *O. Qunaya* (x = 201.000 ; y = 057.00):

D 2-D 3 :

1. — Grès grossiers, blancs, à galets de la taille d'œufs de pigeon................	5	m
3. — Shales pourpres ; intercalations de grès micacés sombres ; quelques galets.....	6	m
3. — Grès grossiers, blancs verdâtres, faiblement cimentés, intercalations de grès micacés noirs ; rares galets..	10	m
4. — Poudingues constitués de galets de silice opaque, blanche ; ciment gréseux, rouge..	50	m
5. — Alternances de poudingues et de grès quartziques, rouges et violacés ; minces lits de grès micacés..	179	m

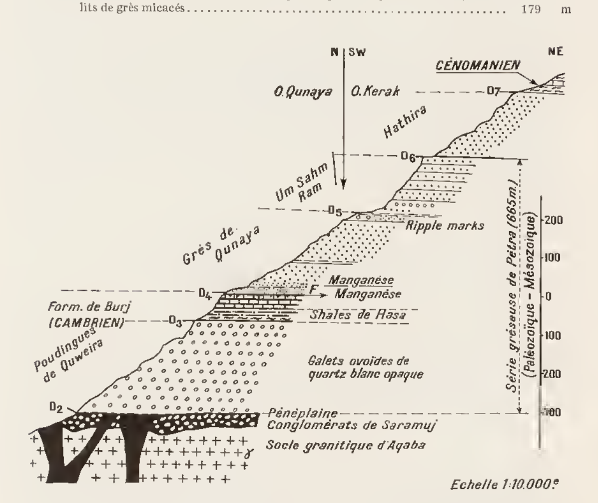
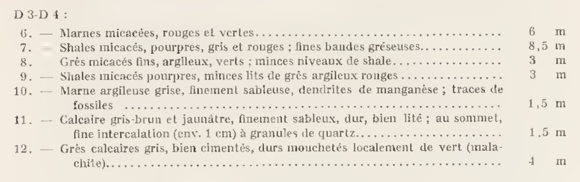


FIG. 11. — COUPE A O. QUNAYA, EN FACE DE LA POINTE S DE LA MER MORTE. Socle granitique et conglomérats de Saramuj injectés de dolérites. Suite des grès paléozoïques et mésozoïques, communément désignés comme *grès de Nubie* ; elle est couronnée par le Cénomanien transgressif. Une seule incursion franchement marine, cambrienne, au sein de ces grès, puissants de plus de 800 m (v. fig. 12).

Suite de la coupe à *O. el Hasa* (x = 198.800 ; y = 047.000), où les couches tendres de la base sont mieux exposées :



D 3-D 4 :

6. — Marnes micacées, rouges et vertes .... 6 m
7. — Shales micacés, pourpres, gris et rouges ; fines bandes gréseuses .... 8,5 m
8. — Grès micacés fins, argileux, verts ; minces niveaux de shale .... 3 m
9. — Shales micacés pourpres, minces lits de grès argileux rouges .... 3 m
10. — Marne argileuse grise, finement sableuse, dendrites de manganèse ; traces de fossiles .... 1,5 m
11. — Calcaire gris-brun et jaunâtre, finement sableux, dur, bien lité ; au sommet, fine intercalation (env. 1 cm) à granules de quartz .... 1,5 m
12. — Grès calcaires gris, bien cimentés, durs mouchetés localement de vert (malachite) .... 4 m

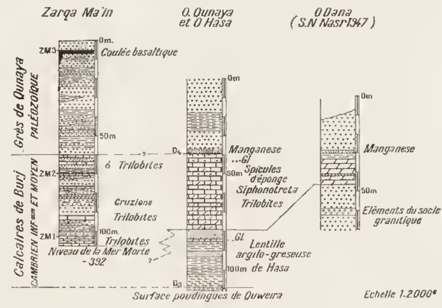


Fig. 12. — Colonnes stratigraphiques du Cambrien a N. Zarqa Ma'in, a O. Hasa — O. Qunaya et a O. Dana.

Suite de la coupe à *O. Qunaya* (x = 205.500 ; y = 057.000) :

13. — Calcaire cristallin, dolomitique, gris sombre et pourpre, très dur, minces bandes fossilifères, fragments indéterminables de Trilobites .... 17,5 m
14. — Calcaire silicifié, partiellement dolomitique, fin, blanchâtre ; localement gréseux ; finement lité à la base .... 14 m
15. — Calcaire grossier, cristallisé, faiblement gréseux, gris et rose, avec niveaux olivâtres à glauconie ; traces de fossiles (spicules d'Éponges) .... 6 m

D 4-D 5 :

16. — Banc irrégulier de minerais de manganèse (pyrolusite et psilomélane associés à des oxydes de fer) noir à brun foncé .... 2 m
17. — Grès micacés verts et grès grossiers rouges .... 10 m

18. — Alternances de shales verts et de grès micacés gris-rose ; traces indéterminables de fossiles........ 9 m
19. — Grès grossiers rouges et roses, faiblement cimentés ; stratification torrentielle ; horizon manganésifère à la base........ 63 m
20. — Shales verts, micacés, coupés de bancs gréseux........ 8 m
21. — Alternances de grès grossiers à stratification torrentielle et de grès argileux, micacés ; rares lits de shale pourpre et vert........ 99 m
22. — Grès grossiers à stratification torrentielle ; graviers siliceux à la base ; *ripple marks*........ 20 m
23. — Shale micacé, violacé........ 1 m

Suite de la coupe dans l'*O. Kerak* (x = 208.500 ; y = 074.500) :

D 5-D 6 :

24. — Grès grossiers, tendres, blancs ou rosés, massifs à stratification torrentielle avec niveaux de graviers quartzeux........ 32 m
25. — Grès fins, blancs, bien lités, niveaux à granules de quartz........ 8 m
26. — Grès grossiers blancs, roses et pourpres, massifs, à stratification torrentielle........ 9,5 m
27. — Grès grossiers, blancs, occasionnellement rouges, roses ou pourpres ; bancs massifs à stratification torrentielle ; généralement tendres, mais durcis en surface par un revêtement ferro-manganésifère d'origine capillaire........ 104 m

D 6-D7 :

Grès rosés, faiblement cimentés, à stratification torrentielle, s'altérant en surfaces mammelonnées........ 175 m

Au-dessus s'étage une falaise de calcaire cénomanien.

La puissance des unités inférieures varie considérablement d'une localité à l'autre. Ainsi, dans l'*O. Dana*, au NE des ruines de Feinan à 40 km au S (fig. 2), la coupe s'établit comme suit, au-dessus d'un granite rose, de dykes basiques vert sombre et de grauwackes (10 m) pénéplanisés :

D2-D 3 :

— Shales micacés rouges........ 5 m
— Grès rouges et grès à galets siliceux « œufs de pigeon »........ 20 m
— Grès grossiers, rouge-brun et pourpres, à stratification torrentielle........ 25 m

D 3-D 4 :

— Calcaire dolomitique azoïque en concordance sur les grès........ 6 m
— Grès verts à *malachite*........ 1 m
— Niveau de marne jaunâtre, tachetée de dendrites à concentrations de *pyrolusite*... 0,5 m

D 4-D 5 :

— Série de grès rouges (non mesurée).

Dans une autre coupe, mesurée par Nasr, dans l'*O. Dana* (x = 199 ; y = 007), la série D2-D3 mesure 94 m d'épaisseur. Elle comprend des grès violacés, coupés de fins niveaux manganésifères (fig.12). A 12 m du sommet s'intercale un banc de conglomérat, épais de 3,5 m, contenant, en plus des galets, « œufs de pigeon », des blocs roulés à *éléments empruntés au socle*. Le calcaire sus-jacent (D3-D4) est épais de 15 m.

Toute la série gréseuse s'ennoie vers le N, sous le synclinal d'*Edh Dhira*, à remplissage oligocène. L'unité inférieure D2-D3 n'apparaîtra plus vers le N.

Coupe à l'embouchure du *N. Zarqa Ma'in* (x = 204.150 ; y = 115,700), à partir de la mer Morte (fig. 9, 12 et 13) :

1.	Calcaire grossier, cristallisé, gris-brun et verdâtre, dur, teinte pourpre en surface ; bien lité en bancs de 5 à 10 cm ; nombreuses veines verticales de calcite ; ripple-marks ; lumachelles de Trilobites (repère ZM 1)	4	m
2.	Grès verts, bien lités ; minces lits de shales micacés vert sombre	9,5	m
3.	Calcaire grossier, cristallin, gris ardoise ; gréseux à la base ; très fossilifères : Trilobites	2	m
4.	Grès verts, massifs, à la base ; micacés et finement lités, au sommet, avec minces bandes de shales verts à stratification tronquée ; *Cruziana* D'ORBIGNY, *Protichnites*	15	m
5.	Fines alternances de calcaire gréseux plissotés à *Hyolithes* et Trilobites et de grès marneux jaunes	1	m
6.	Grès blanchâtre à rose, dur ; stratification entrecroisée	6	m
7.	Calcaire oolitique, gris-brun, à stratification tronquée (repère ZM 2)	0,5	m
8.	Grès micacés, verdâtres, alternant avec des shales micacés, verts	3,5	m
9.	Calcaire cristallisé, partiellement oolitique, gris ardoise et brun, alternant avec du grès vert ; stratification tronquée	5	m
10.	Grès et shales micacés alternant avec des grès grossiers ; couleur dominante rouge et pourpre ; sill basaltique à 40 m du sommet	106	m
11.	Falaise de grès grossiers, tendres, généralement blancs, massifs, à stratification torrentielle, avec niveaux de graviers de quartz (repère ZM 4)	59	m

Au-dessus viennent des dépôts argilo-gréseux, en partie marins, triasiques (291 m) puis, sous le Cénomanien, les grès roses à surface mammelonnée, D6-D7 de la coupe d'Edh Dhira.

III. CONCLUSIONS ET CORRÉLATIONS

Dans la succession gréseuse d'Edh Dhira se dégagent cinq formations nettement distinctes. De bas en haut (fig. 12 et 13) :

D2-D3 : Formation de *Quweira*, 250 m (du nom d'une localité située sur la route M'aan-Aqaba) :

Succession de grès quartziques, à stratification torrentielle, et de grès à galets siliceux « œufs de pigeon ».

De couleur dominante rouge, cette formation correspond, par sa position stratigraphique et sa nature lithologique, au *Lower Quweira series* de QUENNELL. Sa position sous du Cambrien moyen, marin, la situe (?) dans le Cambrien inférieur *s. l.*

D3-D4 : Formation calcaire et marno-gréseuse de *Burj*, 65 m (du nom de la localité de Burj située à 2,5 km au S de la mer Morte) :

Elle débute par les dépôts essentiellement marneux et gréseux de *O. Hasa*, 27 m, et passe vers le haut à des calcaires littoraux à intercalations gréseuses. Sa faune la situe dans le Cambrien moyen.

D4-D5 : Formation littorale, argilo-gréseuse, de *Qunaya*, 212 m (d'après l'Ouadi de même nom á la pointe SE de la mer Morte) :

Alternances de grès et shales micacés, verts, et de grès grossiers, rouges et pourpres. Niveaux á *ripple-marks*. Ces dépôts sont en gros l'équivalent des *Upper Quweira series* de QUENNELL. Mais l'absence, dans la région de Quweira, du repère que constitue le Cambrien marin rend cette corrélation assez imprécise.

D5-D6 : Formations torrentielles gréseuses, de *Ram* et d'*Um Sahm*, 153 m (d'aprés les Jebel Ram et Um Sahm, á l'E d'Aqaba) :

Grés grossiers, généralement blancs, à patine brune, bien lités en bancs massifs à arêtes vives; intercalations de grès roses, rouges et mauves. Cette succession répond à la définition d'ensemble des grès de *Ram* et d'*Um Qahm* de QUENNELL, sans qu'il soit possible, dans notre coupe, d'établir une limite entre grès blancs (de Ram) et grès colorés (d'Um Sahm).

D6-D7 : Formation gréseuse de *Hathira*, 175 m (d'après l'Ouadi de même nom, v. p. 134) :

Grés roses, faiblement cimentés, à stratification entrecroisée, s'altérant en surfaces mammelonnées. Par leur position stratigraphique sous le Cénomanien transgressif et par leur caractère lithologique, ces grés s'apparentent aux grès crétacés inférieurs de Hathira (Palestine, v. fig. 2), décrits par SHAW (1947).

Trés variable dans le détail lithologique et en épaisseur, la formation de Quweira conserve son caractère dominant de poudingues torrentiels jusqu'á Aqaba. Des blocs roulés, empruntés au socle granitique et apparaissant localement (*O. Dana*) jusqu'á très haut dans la succession, indiquent que la pénéplanisation du socle n'était pas absolument parfaite.

La formation de Burj se reconnaît dans les bancs 1-9 de la coupe de Zarqa Ma'in. Les nombreuses intercalations gréseuses, á stratification entrecroisée, et les strates calcaires tronquées par les niveaux sus-jacents y indiquent un faciès franchement deltaïque. Le niveau manganésifère D4 est absent de cette coupe, soit qu'il ne se soit pas déposé, soit qu'il ait été érodé. Il s'ensuit que la coupure stratigraphique avec la formation gréseuse susjacente est, chronologiquement parlant, purement arbitraire.

La formation de Qunaya, bien que variable dans le détail, est néanmoins reconnaissable, dans le paysage, à sa couleur dominante rouge sombre. Nous l'avons identifiée á Zarqa Ma'in dans le banc 10 de la coupe.

Le dépôt des grés de Qunaya a été coupé d'incursions marines qui se traduisent par de fréquents *ripple-marks* et des traces de fossiles marins [1]. La nature des sédiments évoque un faciés deltaïque, mais il n'est pas exclu que des dépôts marins plus profonds

1. Sur les pentes de Naqb Ishtar, les grès du Qunaya contiennent *Cruziana* D'ORB. (communication verbale de HENSON).

aient pu se former et aient été détruits par érosion au cours de remaniements successifs des grès temporairement émergés. Il semble raisonnable de penser qu'une partie de ces dépôts correspond à la transgression silurienne de PICARD (1943, p. 181-182), puisque nous savons que du Cambrien et du Silurien marins sont présents dans le Jauf, en Arabie Séoudienne.

Le Carbonifère marin qui, dans la presqu'île du Sinaï, repose en discordance sur du Précambrien (M. W. BALL et D. BALL, 1953, p. 26) ne semble pas avoir atteint la Transjordanie ; nous n'avons trouvé aucun niveau qui pût lui être rattaché sur des bases paléontologiques certaines. Le niveau de manganèse que les auteurs situaient au sommet du Carbonifère ne saurait constituer un repère stratigraphique : M. W. BALL et D. BALL font état de couches à manganèse aussi bien à la base qu'au sommet de leur Carbonifère ; en Transjordanie des concentrations de manganèse se situent au sommet du Cambrien marin bien daté.

La formation gréseuse de Ram-Um Sahm, caractérisée par des bancs à arêtes vives, teintés d'une patine désertique brun sombre, offre un contraste frappant avec la topographie molle et les couleurs claires des grès sus-jacents. Le sommet D6 constitue un excellent repère, visible depuis la région d'Aqaba. Toutefois, à Zarqa Ma'in (banc 11) son identité est moins nette ; sa corrélation prête à hésitation entre deux niveaux (fig. 13 et 14) : le premier ZM 1, couronne, à 59 m au-dessus du sommet des grès de Qunaya, une falaise gréseuse dont le faciès lithologique est en tous points similaire à celui des grès types d'Um Sahm [1] ; le deuxième, ZM 12, constitue, à 291 m plus haut, la surface du plateau de Humrat Ma'in. Entre ces deux niveaux s'intercalent des dépôts marins et continentaux, triasiques et jurassiques (couches de Raman, v. p. 120) ; ceux-ci sont absents dans l'*O. Kerak*.

QUENNELL (1951, p. 97) se basant sur l'étude de photographies aériennes, penche en faveur d'une corrélation avec le niveau supérieur et considère les grès d'Um Sahm comme équivalents au Trias marin.

Sur les colonnes stratigraphiques (fig. 2), nous avons représenté les deux possibilités de corrélation bien que, personnellement, nous serions enclins à adopter la première.

Les grès de Hathira forment une unité bien distincte, discordante sur les formations plus anciennes, qui peut se suivre jusqu'au N du Liban. Dans notre nomenclature, nous proposons de les considérer à part et de n'inclure dans la série gréseuse de Pétra que les formations paléozoïques, en ne perdant pas de vue toutefois l'exception que pourrait présenter le grès d'Um Sahm si nous en adoptions la corrélation de QUENNELL avec le Trias.

Les variations de puissance des différentes formations de la série détritique de Pétra peuvent se résumer comme suit :

1. A Zarqa Ma'in, les grès d'Um Sahm et de Ram sont d'un accès difficile ; la falaise de 59 m (niveau 11) n'est pas mentionnée dans la coupe de BLAKE.

<table>
<tr><th rowspan="2">RÉGION DE</th><th colspan="6">FORMATIONS DE :</th></tr>
<tr><th>QUWEIRA</th><th>BURJ</th><th>QUNAYA</th><th>RAM</th><th>UM SAHM</th><th>SÉRIE DE PÊTRA</th></tr>
<tr><td>QUWEIRA</td><td></td><td>300 m</td><td>— — —</td><td>250 m</td><td>300 m</td><td>850 m</td></tr>
<tr><td>PÊTRA</td><td>80 m</td><td>absent</td><td>271 m</td><td colspan="2">240 m</td><td>591 m</td></tr>
<tr><td>O. DANA</td><td>50-94 m</td><td>6-15 m</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td></tr>
<tr><td>EDH DHIRA</td><td>250 m</td><td>65 m</td><td>212 m</td><td colspan="2">153 m</td><td>680 m</td></tr>
<tr><td>ZARQA MA'IN</td><td>60-100 m</td><td>?</td><td>?</td><td colspan="2">80 m</td><td>?</td></tr>
</table>

LE TRIAS ET LE JURASSIQUE

Groupe littoral et lagunaire de Raman [1].

- *Formation deltaïque de Humrat Ma'in* (Werfénien).
- *Calcaire de Hisban* (Muschelkalk).
- *Formation gypsifère de Zarqa.*
- *Grès à Plantes de Subeihi* (Rhétien-Lias).
- *Formation calcaire et marno-gréseuse de Huni* (Jurassique moyen).

I. — HISTORIQUE.

En 1923, WYLLIE, CAMPBELL et LEES, les premiers, découvrent le Trias entre l'angle NE de la mer Morte et O. Hisban (fig. 9) ; ils en reconnaissent l'extension jusqu'à Zarqa Ma'in [2].

La coupe relevée par eux dans l'O. Hisban fut décrite par COX (1924, 1932) ; de bas en haut :

Grès et marnes grises à Lingules . . . . 100 m

– Calcaire rouge-brun, bien lité, riche en fossiles dans sa moitié inférieure. 50 m

Brachiopodes : *Coenothyris vulgaris* SCHLOTHEIM, *Lingula* cf. *tenuissima* BRONN var. *zenkeri* ALB.

1. Coupe type à O. Raman (Israel, v. fig. 2). Le terme de *Raman group* fut créé par GWINN et NASR (1910). SHAW (1947) en publia la coupe détaillée sur des données révisées par DAMESIN et NASH (1945). QUENNELL (1951), par contre, introduit le terme de *Zarqa group* pour désigner les couches équivalentes, triasiques et jurassiques, au N. el Zarqa, en Transjordanie. Nous conserverons le terme de groupe de Raman pour des raisons de priorité.

2. DE LUYNES (1865-1866), LARTET (1869 et 1877), puis BLANCKENHORN (1912) résumant les observations de KERSTEN, MUSIL, ABEL, ROTHE et d'autres, décrivirent le coin NE de la mer Morte comme étant constitué de grès de Nubie azoïque, sous-jacent à du Crétacé fossilifère. Il est étonnant que le Trias marin, riche en fossiles et facile d'accès leur ait échappé.

Lamellibranches : *Nucula* sp. ; *Hoernesia* (*Reubenia*) *hesbanensis* Cox ; *H.* (*R.*) *attenuata* Cox ; *H.* (*R.*) sp. ; *Daonella* sp. ; *Ostrea montis-caprilis* Klipstein ; *Plicatula* (*Pseudoplacunopsis*) *fissistriata* (Winkler) ; *Pecten* (*Pseudomonotis*) *inaequistriatus* Munster ; *Myalina tommasii* Salomon var. *obtusa* Salomon ; *Mytilus* (*Myalina*) sp. ; *Lima lineata* Schlotheim ; *Mysidioptera* cf. *vix-costata* Stoppani ; *Myophoricardium lineatum* Woehrmann (?) ; *Myophoriopis jordanensis* Cox ; *Schafhäutlia subquadrata* Parona ; *Anodontophora munsteri* Wissmann ; *Myoconcha* aff. *goldfussi* Dunker ; *Myophoria transversa* Bornmann ; *M. blakei* Cox ; *Myoconcha giebeli* Cox, nom nov. ; *Chlamys* cf. *reticulata* Schlotheim ; *Gervillia* cf. *exporrecta* Lepsius ; *G. bouei* Hauer ; *Burmesia* (?) *posteroradiata* Cox ; *Trapezium* (?) sp.

Gastropodes : *Natica* sp., *Omphaloptycha* (?) sp.

Céphalopodes : *Beneckeia* sp. aff. *buchii* (Dunker).

Reptiles : *Nothosaurus* sp.

Grès de Nubie.

Cox conclut d'abord (1924) à un âge triasique superieur du calcaire, bien que plusieurs espèces fussent plutôt caractéristiques du Muschelkalk. Puis (1932, p. 99) il fit état d'une Ammonite de la forme *Beneckeia* qui, en association avec les Lamellibranches, suggère un âge muschelkalk. Cet âge fut confirmé par Wagner (1934) sur de nouvelles observations de Blake (1935, p. 73 et 1939, p. 65) dans l'O. Udheima (O. Hiri, v. fig. 9), à 6 km au S de O. Hisban.

D'autres observations à Zarqa Ma'in conduisent Blake (1936, p. 73-75 et 1939, p. 65-68) à situer dans le Trias la succession ci-dessous (de bas en haut) :

Grès verts et shales azoïques	91 m
Grès micacés bruns et pourpres à *Anodontophora munsteri* Wiss., *Pseudomonotis* (*Claraia*) *aurita* Hauer et *Myophoria transversa* (Born.) ...	61 m
Shales pourpres et jaunâtres, coupés de bandes gréseuses brunes, à *Lingula tenuissima* Alb. et *P. aurita* Hauer	15 m

Cox (1932, p. 93-94) situe ces faunes de Blake dans le Trias inférieur de faciès alpin (Werfénien). Il remarque qu'aucun niveau comparable aux calcaires de O. Hisban n'apparaît dans la coupe de Zarqa Ma'in.

Au N de la mer Morte, Blake (1935, p. 74) signale encore des amas de gypse au-dessus d'un calcaire gris à Myophories, dans le lit du N. el Zarqa.

La découverte de fossiles jurassiques dans le N. el Zarqa (v. fig. 10) remonte à Wetzstein (1859) et à Libbey et Hoskins (1905) qui, entre autres, mentionnent *Rhynchonella moravica* Uhlig et *Cidaris glandaria* Lang. Après sa reconnaissance dans la région, Blanckenhorn (1912 *b*, p. 305) en a nié l'existence.

La présence de calcaires jurassiques marins fut établie d'une façon définitive par

WYLLIE, CAMPBELL et LEES (1923); leur collection de fossiles, provenant de l'embouchure du N. el Zarqa dans la vallée du Jourdain, fut décrite par COX (1925) et située dans le Bajocien-Bathonien.

WYLLIE, CAMPBELL et LEES (1923) y signalent également des shales sombres, à débris de Plantes, entre le calcaire jurassique et les gypses triasiques; ces Plantes seraient d'âge rhétien ou liasique.

C'est à BLAKE (1936-1939) que revient le mérite d'avoir établi une coupe à peu près complète des couches du N. el Zarqa. Les fossiles recueillis par lui, et identifiés par COX et Miss MUIR-WOOD (1925), confirment l'âge bajocien-bathonien précédemment établi.

DAMESIN, en 1935 [1], étudia en détail la succession stratigraphique dans l'O. Huni, affluent N du N. Zarqa et rapporta, outre les espèces citées par BLAKE, *Cidaris glandaria* LANG (dét. J. A. DOUGLAS).

D'après COX, le Brachiopode *Eudesia* que l'on trouve dans toute la série calcaire, est une forme antécallovienne. DOUGLAS, par contre, croit pouvoir distinguer un horizon inférieur, riche en Brachiopodes bajociens supérieurs-bathoniens, d'un horizon supérieur bathonien-callovien à *Eligmus*, *Pholadomya carinata*, *Cidaris glandaria*, etc. D'après lui, l'ensemble de la faune du N. el Zarqa est similaire à celle du massif du Moghara (Sinaï), décrite par DOUVILLÉ (1923).

AVNIMELECH (1945) signale du Bathonien fossilifère à 20 km au S du N. Zarqa : *Cymatorhynchia* (?) *quadriplicata* ZIETEN ; *C. quadriplicata* ZIETEN var. ; *Rhynchonella* cf. *orbignyana* OPPEL ; *Eudesia cardium* LMK ; *Solarium* aff. *cossmanni* BIGOT.

II. — DESCRIPTIONS LOCALES.

A. — *Trias deltaïque de Humrat Ma'in* (fig. 9 et 13)
(du nom du plateau gréseux au N de la vallée du N. Zarqa Ma'in).

Au-dessus des grès de Ram et d'Um Sahm de la coupe de Zarqa Ma'in (p. 117) viennent des dépôts terrigènes grossiers très peu différents des premiers, mais contenant des fossiles triasiques marins.

Suite à partir du niveau 11 de la coupe de Zarqa Ma'in, de bas en haut :

ZM 4-ZM 5 :

— grès grossiers rouges, pourpres, blancs et jaunes, en bancs de 2 à 5 m ; stratification torrentielle avec lentilles de graviers de quartz ; vers le bas intercalations de shales verts et pourpres........ 32 m

— Falaise de grès grossiers, roses et pourpres, à stratification torrentielle ; traînées de granules de quartz et croûtes ferrugineuses ; surface d'altération recouverte d'une patine désertique noire........ 21 m

1. Rapport inédit utilisé par BLAKE (1939).

— Marne sableuse, grise et pourpre ; charbonneuse au sommet, avec pyrite . . . . 3 m
Grès micacés, fins, pourpres, alternant avec des grès grossiers torrentiels, ocres, et pourpres, à graviers de quartz et, dans la partie inférieure, des lentilles de shales verts. Débris de Plantes . . . . 23 m

ZM 5-ZM 6 :

— Grès fins micacés, pourpres, alternant avec des grès ocres et rouges, moyennement durs et des shales verts et pourpres à fins niveaux de grès quartzeux, à Lingules ; au sommet, niveau marneux, pseudo-oolitique, rouge, à Lingules . . . . . 22 m

ZM 6-ZM 7 :

— Grès ocres, blancs et roses, fins à grossiers, en bancs de 3 à 6 m, séparés par des niveaux de shales verts et de grès argileux micacés ; empreintes de Bivalves . . 31 m

ZM 7-ZM 8 :

— Calcaires gréseux fauves, bien lités, alternant avec des calcaires marneux jaunâtres, verdâtres et roses, coupés de niveaux de shales verts ; niveaux à glauconie à 2 m au-dessus de la base . . . . 20 m

ZM 8-ZM 9 :

— Grès blancs, roses et jaunes, passant graduellement, vers le haut, à des shales verts ; deux bancs de calcaire gréseux, épais de 1/2 à 1 m ; empreintes de fossiles . . . . 33 m
— Coulée basaltique, interstratifiée . . . . 3 m

ZM 9-ZM 11 :

— Shales verts et pourpres, en bancs de 3 à 5 m, coupés de bancs gréseux ; rares bancs de calcaire marneux, jaune verdâtre de 0,20 à 0,70 m d'épaisseur ; empreintes de Bivalves dans les grès et les calcaires . . . . 39 m
— Grès blancs et roses, tendres, à grain variable, finement lités ; niveau de sable, jaune pâle au sommet . . . . 8 m

ZM 11-ZM 12 :

— Grès grossiers, blancs et jaunes, souvent ferrugineux ; stratification torrentielle ; niveaux à granules de quartz ; rares bancs de grès argileux, gris pâle et pourpres ; patine désertique noire . . . . 50 m
Puissance . . . . 284 m

Sommet de la coupe : Plateau de Humrat Ma'in (x = 205.600 ; y = 115.500). Au-dessus et en retrait, vers l'E, viennent des grès multicolores crétacés inférieurs.

B. — *Trias littoral au NE de la mer Morte.*

Le feuillet triasique inséré dans les grès occupe un compartiment élevé, large de 4 à 5 km, entre la faille principale qui le sépare du Quaternaire de la vallée du Jourdain et une faille secondaire, injectée de dykes acides, grossièrement parallèle à la première (v. fig. 9).

A l'E de cette deuxième faille s'étend le grès crétacé inférieur, couronné au loin par le calcaire cénomanien du plateau.

Sa zone d'affleurement, bien que présentant des complications de détail, a un pendage général qui suit de près la pente du terrain. Il s'ensuit que pour lever une coupe complète du Trias nous avons dû procéder par tronçons successifs d'un oued à l'autre.

Les niveaux inférieurs, argilo-gréseux, sont visibles dans l'*O. Ayun Musa*, où ils s'appuient contre un dyke de trachyte acide, tapissant le lit de l'Oued.

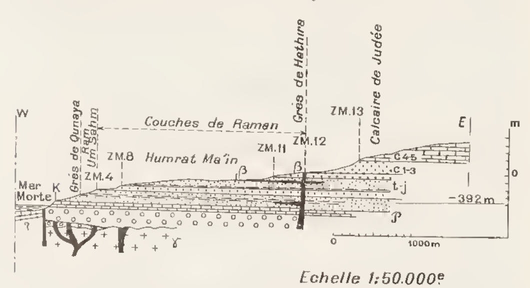


FIG. 13. COUPE TRANSVERSALE DU BORD E DE LA MER MORTE A N. ZERQA MA'IN.

Coupe de *O. Ayun Musa* (x = 211.00 ; y = 131.200 à x = 215.000 ; y = 133.300) de bas en haut :

1.	Marne sableuse verte, mouchetée de pourpre	2 m
2.	Grès marneux ferrugineux	1,5 m
3.	Shale sableux vert, à éléments pyroclastiques	1 m
4.	Grès ferrugineux à stratification torrentielle ; niveaux de shale vert ; rares empreintes indéterminables de fossiles : Lingules (?)	24 m
5.	Grès marneux vert, finement lité, à lentilles de cendre volcanique	2,5 m
6.	Grès grisâtre, dur, à stratification entrecroisée ; *ripple-marks*	2,5 m
7.	Alternances fines de shale vert et de grès ferrugineux	1,5 m
8.	Grès jaune bien lité	2 m
9.	Banc de grès ferrugineux dur, formant saillie	2 m
10.	Marne compacte et shale vert	2 m
11.	Calcaire marneux jaune, fossilifère ; *Myophoria laevigata* GOLD ; *Reubenia* spp. ; *R. attenuata* COX ; Crinoïdes	0,5 m
12.	— Shale vert, moucheté de pourpre, sableux au sommet, coupé d'un banc de grès calcaire brun, épais de 1 m ; lentilles gypseuses	3,5 m
13.	Filon couche de *trachyte* acide	1 m

Puissance de la formation argilo-gréseuse : 46 m +.

Dessus vient un mauvais affleurement calcaire que l'on suit vers le NE, dans l'*O. Hisban* (x = 215.000 ; y = 136.000) (v. fig. 14). Ce *calcaire de Hisban* affleure

dans sa totalité dans l'O. Saiyala, de la faille bordière vers l'amont (x = 210.400 ; y = 113.400).

Calcaire de Hisban, 67 m de bas en haut :

14. —	Dolomie gris foncé, tapissant le lit de l'Oued	1 m
15. —	Marne jaune, coupée de bancs calcaires	3 m
16. —	Dolomie grise, coupée, dans son milieu, par un gros banc de calcaire marneux, jaune	9 m
17. —	Shales verts, coupés en leur milieu par un banc calcaire de 2 m, à nombreuses concrétions calcaires branchues	8 m
18. —	Falaise de calcaires marneux jaunâtres, tachés de rouge, passant vers le haut à des dolomies ; faune abondante dans les calcaires marneux du bas : *Reubenia*, *Myophoria* sp. ; *Coenothyris* sp. ; *Pseudocerithium* sp.	12 m
19. —	Shales pourpres et rouges, localement verts, coupés d'un banc de calcaire marneux, pseudo-oolitique ; *Nautilus* sp.	3 m
20. —	Calcaire cristallin, de couleur bleu ardoise, se désagrégeant en écailles ; bancs à concrétions calcaires branchues ; abondantes Terebratules et Myophories. .	17 m
21. —	Marne violacée à cendres volcaniques	0,5 m
22. —	Calcaire gris-brun foncé, à concrétions branchues, alternant avec des niveaux marneux rouge sombre et jaunes	9,5 m
23. —	Calcaire gréseux, ocre et rouge, finement lité, très fossilifère	3 m
24. —	Banc de grès quartziques ferrugineux	0,5 m
25. —	Croûte dolomitique fauve, à tiges d'Encrines, Myophories, *Paraceratites binodosus*. Mojs	0,2 m

Dessus suivent des grès, bien visibles dans l'*O. Hiri* (x = 211.500 ; y = 131.000) :

26. —	Shales verts et rouges, coupés de grès rouges, à bois fossile	13 m
27. —	Grès rouges, durs, à arêtes vives	40 m
28. —	Shales gypsifères, jaune olivâtre	3 m
29. —	Grès jaunâtres coupés de niveaux de shales verts et de croûtes ferrugineuses . . .	16 m
30. —	Grès blancs, tachetés de pourpre, localement durcis avec une patine désertique noire	30 m

Vers *Tell Hamra es Samra* (x = 215.000 ; y = 133.300), le niveau 25, épais de 1 m, débute par un conglomérat glauconieux coupé de fines lentilles de shales verts ; dessus suivent des grès blancs et roses, à débris de Plantes et *ripple-marks*, affleurant sur 70 m jusqu'au sommet des collines ; vers le milieu de la coupe se situe un niveau de marne brune glauconieuse. L'analogie des faciès gréseux et le manque de niveaux repères empêchent le raccordement des coupes gréseuses situées de part et d'autre de la faille bordière.

C. — *Trias et Jurassique du Nahr el Zarqa.*

Dans le lit de la rivière affleurent des calcaires analogues à ceux du NE de la mer Morte. Dessus succèdent des shales gypsifères ou oolithiques, du gypse massif, des grès à Plantes et des dépôts marno-calcaires jurassiques bien datés par leurs faunes (v. fig. 10 et 11).

Coupe du Nahr el Zarqa, de l'embouchure de l'O. Huni vers le N :

TRIAS (base non visible) (x = 219.000 ; y = 177.000).

Formation calcaire de Hisban (5,5 m) :

1.	— Calcaire recristallisé, bleu ardoise, finement lité ; localement oolitique ; croûte ferrugineuse au sommet	2,5 m
2.	— Shales et argiles olivâtres, jaunes et gris, coupés de fins niveaux marno-sableux et de croûtes calcaires	0,8 m
3.	— Calcaire cristallisé, gris-vert, finement lité ; localement marneux et papyracé ; débris de Vertébrés	2,2 m

Formation gypsifère de Zarqa (116 m) :

4.	— Shales et argiles vert sombre et noirs, entrecoupés de fins niveaux calcaires marneux jaunes et olivâtres ; veines de gypse fibreux et cristaux de gypse ; près de la base, banc de marne verdâtre, à surface conchoïdale	15,2 m
5.	Couches tendres cachées par des éboulis	25 m
6.	— Calcaire cristallin, bleu ardoise, nodulaire, alternant avec des calcaires marneux verdâtres, finement lités, odeur fétide sous le marteau ; vagues traces de fossiles : Myophories (?) ; niveau de 40 cm de shale charbonneux se désagrégeant en écailles	4 m
7.	— Gypse cristallin en gros bancs, zonés de gris ; fins niveaux de shale vert et de croûtes calcaires	25 m
8.	Calcaire marneux jaune verdâtre, finement lité, avec des bancs de gypse à la base et de fins niveaux de shale vert au sommet. Ostracodes	4 m
9.	— Shales verts et rouges à oolites et pisolites ferrugineuses ; quelques niveaux de grès marneux formant relief	11 m
10.	— Grès ferrugineux, brun et rouge violacé ; gros grains de quartz arrondis et petits grains de quartz angulaires	1 m
	— Couches tendres cachées par des éboulis	33 m
11.	- Alternances de grès ferrugineux, rouges, roses et jaunes et de shales multicolores à débris carbonacés de Plantes; niveau à oolites d'hématite au sommet.	9,6 m
12.	— Calcaire dolomitique jaunâtre, entrecoupé de fins niveaux de shale pourpre, rose et gris : fragments de coquilles	2,8 m
13.	— Shale bleu ardoise, localement verdâtre ou jaune par altération ; saveur saline.	1 m
14.	— Calcaire cristallisé, brun foncé et ocre, s'altérant en jaune ; très sableux au sommet ; fragments de coquilles ; débris de Plantes dans de fins niveaux de shale au sommet du banc	2 m
15.	— Shales verts, pourpres et gris, entrecoupés de niveaux sableux jaunes et roses.	1,3 m
16.	— Calcaires cristallins, gris rosés, rougeâtres et ocres, localement sableux ou veinés de calcite. Ostracodes et fragments de coquilles (repère Z 3)	14 m

RHÉTIEN-LIAS.

Grès à Plantes de Subeihi [1] (76 m) :

17.	— Shales olivâtres, noirs et bleu ardoise, alternant avec des grès ocres : débris de Plantes	7,3 m
18.	— Grès grossier rose, tacheté de jaune et de rouge ; niveaux à graviers de quartz ; fines strates de shales papyracés, bleu ardoise à débris de Plantes	7,5 m

1. D'après la localité située à 4 km au S de l'affleurement.

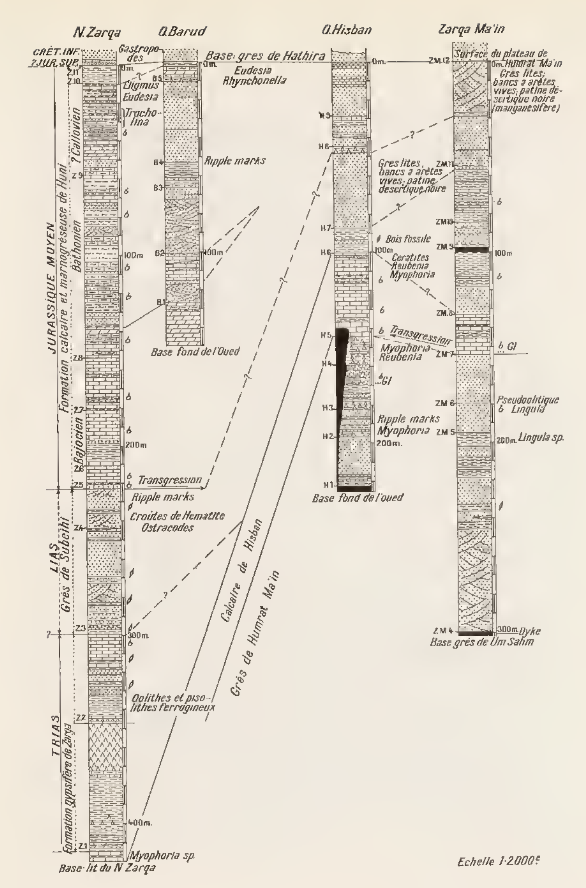


Fig. 14. — Colonnes stratigraphiques du Trias et du Jurassique aux N. el Zarqa, O. Barud, O. Hisban et N. Zarqa Ma'in.

Suite de la coupe dans l'*O. Ihi* (x = 220.300 ; y = 177.300).

19. — Grès rosés, tachetés de jaune et de pourpre, à fins graviers de quartz ; banc de shale écaillé, épais de 1 à 3 cm. A 4 m du sommet, débris de Plantes........ 19,5 m
20. Calcaire gréseux brun, silicifié, très dur, d'épaisseur variable ; fragments de coquilles et Ostracodes (repère Z 4) .... 0,4 m
21. Croûte ferrugineuse (hématite) en discordance sur le niveau sous-jacent...... 0,2 m
22. Shales bleu ardoise, se terminant en biseau vers l'E........ 2 m
23 Grès massif jaune et blanc, à stratification torrentielle ; nodulaire et argileux à la base ; concrétions ferrugineuses au sommet ; surface d'altération en « chou-fleur »........ 5,2 m
24. Alternances de grès jaunes et rouges, calcaires et oolitiques à la base, et de shales bleu ardoise et pourpres, à oolites ferrugineuses (hématite).......... 5,1 m
25. Grès jaunes, tendres, en bancs de 0,50 m ; localement argileux et papyracés au sommet, avec nodules et croûtes ferrugineuses. *Ripple-marks* et bois fossiles. 5,4 m
26. — Calcaire gréseux gris foncé à brun, en bancs de 40 cm, passant vers le haut à un grès ferrugineux (hématite et limonite) ; fragments de coquilles.......... 1,6 m
27. Grès grossiers, jaune-brun, durs, à stratification torrentielle ; niveaux de grès blancs, plus tendres, à graviers de quartz et nodules ferrugineux (repère Z 5)........ 3,5 m

JURASSIQUE MOYEN.

Formation calcaire et marno-gréseuse de Huni[1] (221,6 m).

28. — Grès calcaire oolitique ferrugineux, à fins niveaux argileux ; passe au sommet à un calcaire marno-sableux, oolitique, brun et rouge, très fossilifère : Coraux (Astréidés et Turbolinidés) ; *Cidaris glandaria* LANG ; *Rhynchonella moravica* UHLIG. Térébratules, *Pholadomya* sp. ; petits Gastropodes, Ammonites........ 2,9 m
29. — Marne oolitique, jaune-brun, à oolites d'hématite, fines croûtes ferrugineuses rouge sombre........ 0,1 m
30. Shale bleu ardoise à reflets violacés........ 0,8 m
31. Falaise calcaire, grise et jaune, en bancs de 20 à 50 cm ; fines strates marneuses ; croûtes ferrugineuses sur les surfaces altérées. Echinoïdes, Rhynchonelles, Térébratules, petits Gastropodes........ 9,2 m
32. Calcaire fin, brun clair, bien lité en bancs de 10 cm ; croûtes ferrugineuses pénétrant jusqu'à 1 cm les surfaces altérées ; faunes à Rhynchonelles et Térébratules ; *Eudesia cardium* LMK........ 0,9 m
33. — Shales en partie cachées par des éboulis........ 9 m
34. — Grès ferrugineux passant vers le haut à des shales bleu ardoise, à débris de Plantes........ 2 m
35. — Calcaire cristallisé, gréseux, gris-bleu et jaune ; au sommet s'intercalent des niveaux de calcaire marneux à concrétions calcaires branchues, faune de Rhynchonelles, Térébratules, Huîtres, Gastropodes et Échinoïdes...... 1,4 m
36. Falaise de calcaires gris et jaunes, à couleur d'altération brune, en bancs de 1 à 3 m d'épaisseur ; banc silicifié, formant saillie au sommet de l'assise ; niveau à géodes de calcite dans le milieu de la falaise (repère Z 7)........ 14,2 m
37. — Marnes calcaires feuilletées jaunâtres, à Gastropodes........ 1,1 m
38. — Calcaire fin, gris jaunâtre, dur, à Gastropodes........ 2,6 m

1. Du village situé à l'amont de la coupe de O. Huni, à la lisière du Cénomanien (fig. 10).

39. — Calcaire marneux jaune, tendre, interstratifié de calcaire nodulaire blanc, — à Gastropodes .... 3 m
40. — Falaise de calcaires jaunâtres, à grains fins, en bancs massifs ; en son milieu s'intercale un banc de calcaire marneux gris-brun foncé, tendre, à *Nautiloculina* sp., Coraux, Échinoïdes, Lamellibranches, Gastropodes, Algues, *Clypeina*, sp. etc. (repère Z 8) .... 19,8 m
41. — Calcaires marneux, jaunâtres, tendres, à cassure conchoïdale, alternant, vers le bas, avec des calcaires cristallins gris-bruns, durs : *Nautiloculina* sp., *Cidaris* sp., *Cymatorhynchia* ? *quadriplicata* Hartmann, *Burmirhynchia tumida* Buck, *Eudesia cardium* Lmk, *Eligmus rollandi* Douv., *Lima* sp. ..... 13 m
42. — Calcaire grossier cristallisé, gréseux, brun ; partiellement dolomitique, se distinguant par sa couleur d'altération rougeâtre .... 3,5 m
43. — Shales gris et jaunes .... 3 m
44. — Grès grossiers, ferrugineux, brun violacé foncé ; bancs de calcaire gréseux, de 0,50 m à 4 m de la base .... 7 m
45. — Marne sableuse jaune, tendre, à *Cymatorhynchia* (?) *quadriplicata*, *Heimia furciliensis* Haas, *Eudesia cardium* .... 2 m
46. — Calcaires marneux, jaunâtres, à Rhynchonelles, alternant avec des calcaires gris rosé, durs ; banc de 2 m de marne gréseuse jaune à *Ostrea* sp., à 6 m de la base .... 12,3 m
47. — Marne sableuse jaune alternant avec des calcaires marneux de même apparence, mais plus durs. *Cymatorhynchia* sp., *Terebratula* sp., Lamellibranches. 2,3 m
48. — Falaise de grès grossiers, ferrugineux, bruns, à lentilles de gravier de quartz... 1,4 m
49. — Alternances de calcaires marneux et de marnes sableuses jaunes : *Cymatorhynchia* ? *quadriplicata*, *Eudesia cardium* *Pholadomya inornata* Sow. .... 18,7 m
50. — Grès grossier, brun, à stratification entrecroisée, vestiges de bois fossilisé..... 5 m

La coupe de l'O. Hisi s'arrête sous des éboulis (en x = 220.300 ; y = 177.800) ; nous la continuons dans l'O. Huni (x = 219.100 ; y = 177.900) :

51. — Marne sableuse grise, à bandes calcaires .... 3,5 m
52. — Banc de calcaire marneux et gréseux, gris-brun et jaune, assez tendre ; *Rhynchonella* sp., *Eudesia cardium*, *Pholadomya inornata* .... 0,8 m
53. — Marne sableuse gris ardoise, fines veines de gypse fibreux ; *Rhynchonella* spp. *Terebratula* sp., *Eligmus rollandi* Douv., *Alectryonia* sp., *Cardita* sp., *Cylindrites* sp. .... 5 m
54. — Grès quartzeux à ciment calcaire, jaune-ocre ; niveau de shale à la base...... 1,7 m
55. — Calcaires fins, gris rosé, partiellement silicifiés et durs alternant avec des niveaux plus grossiers, localement gréseux et dolomitiques ; *Pseudodiadema* sp., *Glypticus* sp., *Terebratula* sp., *Eudesia cardium*, *Heimia jabbokensis* Muir-Wood, *Lima* sp., *Gryphea* sp., *Alectryonia* sp. .... 4,9 m
56. — Marnes calcaires grises, tendres, interstratifiées de bancs calcaires plus durs ; faune abondante .... 9 m
Cymatorhynchia quadriplicata, *Terebratula* (?) *asiatica* Krum., *Terebratulina* sp., *Eudesia cardium*, *Eligmus* sp., *Kingena orbis* Quenst., *Pecten* sp., lumachelles d'Huîtres, *Clypeina* sp.
57. — Falaises de calcaire fin, gris-rose, silicifié, formant saillie ; *Nautiloculina* sp., *Calcisphera* sp. .... 1,5 m
58. — Calcaires marneux gris jaunâtre, finement lités, en alternances tendres et dures ; bancs gréseux, dans la partie supérieure : *Cymatorhynchia quadriplicata* *Terebratulina* sp., *Eudesia cardium*, *Pecten* sp., *Nerilodomus* sp., *Orthocheilus* sp., Algues et spicules d'Éponges .... 9,5 m
59. — Dolomie grossière grise, tachetée de jaune et de rose .... 4,8 m

60. — Calcaires détritiques grossiers, gris et jaunes avec bancs marneux et dolomitiques ; *Nautiloculina* sp., *Miliola* sp. . . . . 4.7 m
61. — Shale gris-brun à débris d'Échinoïdes, passant vers le haut à des marnes détritiques grises s'altérant en écailles ; intercalations de bancs gréseux et de calcaires coquilliers ; croûte ferrugineuse, rouge foncé, au sommet : *Nautiloculina* sp., *Terebratula* cf. *maxillila* sp., *Heimia furcilliensis* HAAS, *Eligmus* sp., petits Gastropodes. . . . . 5,5 m
62-63. — *Zone à Trocholina* :
— Calcaires marneux jaunâtres, finement lités avec des marnes jaunes à cassure conchoïdale, concrétions calcaires, branchues, à la base : *Trocholina* sp., *Calcisphera* sp., *Terebratula* sp., *Trigonia* sp. . . . . 7,2 m
— Marnes gris rosé et brunes, finement litées, avec des calcaires marneux, plus durs ; occasionnels niveaux gréseux ; faune abondante à *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Trocholina elongata* LEUPOLD, *Astreides* cf. *montlivaltia* sp., Spongiaires, Crinoïdes, *Holeclypus* sp., *Rhynchonella* spp., *Cymatorhynchia quadriplicata* HARTMANN, *Terebratula* spp., *T.* cf. *maxillata*, *Avonothyris jordanensis* MUIR-WOOD, *Heimia jabbokensis*, *Eudesia cardium.*, *Eligmus rollandi* DOUV. et var., *Pholadomya* spp., *Nerilodomus* sp., *Ammobaculites* sp., Algues (repère Z 10). . . . . 18,3 m
64. — Shale gris, coupé de fines croûtes gréseuses ; débris de Plantes. . . . . 9,0 m

Sommet de la formation de Huni (x = 219.350 ; y = 178.100).

Dessus, vient en *discordance*, un conglomérat grossier, à galets arrondis de quartz, auquel fait suite le grès crétacé.

Des pointements jurassiques sont encore visibles dans le lit de quelques oueds de la bordure de la vallée du Jourdain. Leur faciès devient plus sableux vers le S. Nous en avons observé une coupe dans l'*O. Barud*, à 220 km au SSW du N. el Zarqa.

Coupe de *O. Barud*, de bas en haut (v. fig. 14) :

1.	— Dolomies grises et pourpres, en bancs massifs.	21,4 m
2.	— Marne dolomitique passant vers le haut à un calcaire gréseux rouge.	1 m
3.	— Grès jaunes et bruns, à stratification torrentielle.	11,5 m
4.	— Dolomie ocre interstratifiée de niveaux gréseux.	11,5 m
5.	— Grès bruns, tendres, à stratification torrentielle.	28,5 m
6.	— Grès ferrugineux grossiers, durs, à graviers de quartz.	6 m
7.	— Calcaire marneux et gréseux, de couleur ocre ; fins niveaux de shale gypsifère vert	5 m
8.	— Grès marneux, à *ripple-marks*.	8 m
9.	— Grès ferrugineux, durs, en bancs à arêtes vives.	17,5 m
10.	— Grès grossiers tendres, blancs, jaunes et violacés.	25,5 m
11.	— Marne sableuse et gypsifère, jaune.	2 m
12.	— Calcaire marneux ocre, en partie dolomitique, bien lité, à faune de Coraux. . . .	8 m
	Puissance.	148,8 m

Suivent des grès multicolores (150 m +), couronnés par les calcaires cénomaniens [1].

1. Le Cénomanien ne repose pas directement sur du Bathonien, comme l'affirme AVNIMELECH (1945).

III. Conclusions et corrélations.

Le Trias a été reconnu sur des bases paléontologiques certaines au NE de la mer Morte et à Zarqa Ma'in : à la base, des dépôts argilo-gréseux, localement gypseux, à Lingules ; puis une formation essentiellement calcaire et marneuse.

Les premiers, de faciès deltaïque, à faune werfénienne, sont entièrement dégagés sur les versants du plateau de *Humrat Ma'in*.

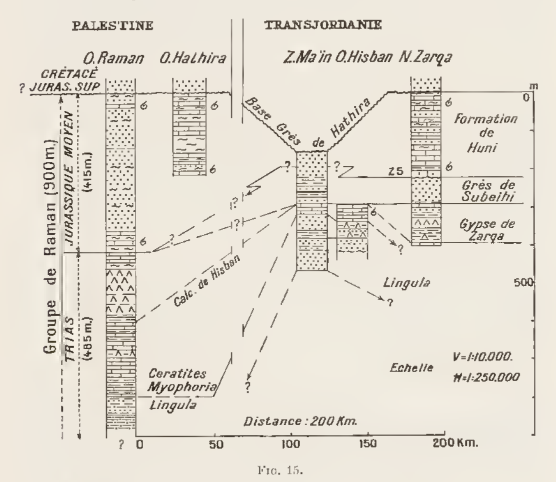


Fig. 15.

Colonnes stratigraphiques du Trias et du Jurassique deltaïque de Raman (Israël). Corrélations avec N. Zarqa Ma'in et N. Zarqa.

La formation calcaire constitue un gisement fossilifère extrêmement riche, d'âge muschelkalk, à *O. Hisban* : notre collection de fossiles ajoute, à la liste établie par nos prédécesseurs, les formes suivantes : *Pseudocerithium* sp. (niveau 18) ; *Nautilus* sp. (niveau 19) ; *Encrinus* sp. et *Paraceratites binodosus* Mojs. (niveau 25).

En comparant les coupes du NE de la mer Morte avec celle de Humrat Ma'in, nous

croyons reconnaître dans le niveau ZM 7-ZM 8 de Humrat Ma'in (p. 123), l'équivalent du *calcaire* de *Hisban* (niveaux 23-25 de la coupe de O. Saiyala, p. 125). Mais dans une région à changements rapides de faciés comme celle de la mer Morte, et en l'absence, à Humrat Ma'in, de faunes déterminables dans les calcaires, toute corrélation est incertaine.

Des lentilles de cinérites (niveaux 3, 5 et 21 des coupes d'Ayun Musa et O. Hisban) semblent indiquer une certaine activité volcanique pendant le Trias, mais nous n'avons pas trouvé de traces d'épanchements importants en relation avec les dykes et sills de trachyte.

Le Trias du N. el Zarqa, contrairement à celui du NE de la mer Morte, est pauvre en fossiles ; rares Myophories á la base, puis fragments de coquilles indéterminables. Il est particulier par la présence de gypse massif, dont nous n'avons pas trouvé d'équivalent dans nos autres coupes. Aucun niveau ne permet d'établir de corrélation certaine ; il semble cependant que le *gypse du N. Zarqa* est postérieur au *calcaire de Hisban*, en admettant que c'est bien le sommet de ce dernier qui affleure dans le lit du N. Zarqa.

Cette façon de voir est étayée par la comparaison avec la Palestine (fig. 2 et 15), oú, d'après Shaw (1947), la coupe de *O. Raman* comprend, de bas en haut.

— Grés et shales à Lingules, 90 m.
— Calcaires littoraux à Myophories, 200 m.
— Couches gypsiféres, 150 m.

La faune du calcaire de Hisban rappelle celle des calcaires littoraux á Myophories de O. Raman (Shaw, 1947, p. 17) et de J. Arayif en Naja (Damesin et Nasr, 1915 ; G. el Dine H. Awad, 1915).

La puissance du Trias de la mer Morte est moitié de celui de O. Raman, dont le faciès au surplus est plus profond.

En comparant les faciès et les puissances, on peut dessiner la ligne de rivage du Trias comme suit (fig. 25-1) : de direction générale N 15-S 195, elle passe à l'W de O. Munei'ya, puis entre O. Raman et le rebord oriental du fossé, qu'elle traverse légèrement au S du delta du Zarqa Ma'in, pour finalement s'incurver vers le NE ; elle est donc oblique par rapport à la direction du fossé.

Les *grès à Plantes* de *Subeihi*, placés entre du Trias et du Jurassique moyen, ont été situés dans le Rhétien, mais sans que l'on puisse en préciser les limites avec certitude. Rien ne permet d'identifier leur équivalent dans les autres coupes gréseuses du fossé de la mer Morte.

En dehors de la Transjordanie, des grès à flore rhétienne ont été observés sous du Bajocien, à El Galala, en Égypte (Carpentier et Farag, 1918).

Le *Jurassique* marin n'a été reconnu avec certitude que dans la zone d'affleurement du bassin du N. el Zarqa. Ses dépôts littoraux, calcaires et marno-gréseux, contiennent à la base, une faune essentiellement composée de Brachiopodes et de Lamellibranches, à laquelle s'ajoutent quelques Coraux et de rares Ammonites ; au sommet ils sont riches en *Trocholina elongata* Leupold. La limite supérieure de la formation correspond à une surface d'érosion. L'ensemble de la succession, très monotone, se prête mal à une corrélation de détail.

Les premiers Lamellibranches déterminables (*Eligmus rollandi* Douv.) apparaissent à 60 m au-dessus de la base des calcaires de Huni, et le Brachiopode *Eudesia cardium* Lmk se répartit dans toute la succession, jusqu'à 9 m du sommet. L'ensemble des faunes indique un âge bathonien.

L'apparition de *Trocholina elongata* Leupold, à quelque 25 m du toit de la formation, situe cette partie de la coupe dans le Bathonien tout à fait supérieur. Il n'est pas exclu que les derniers mètres soient déjà calloviens.

Un point d'interrogation subsiste quant à la possibilité d'un âge bajocien pour la partie inférieure de la coupe de O. Huni. Nous avons recueilli, à l'extrême base, (niveau 28) des Ammonites, mais nous n'en avons pas reçu les déterminations.

La formation de Huni devient de plus en plus gréseuse vers le S. A O. Barud, le niveau 2 rappelle le niveau 10 de la coupe de O. Huni : même banc de calcaire gréseux rouge au sommet. Aucune autre corrélation détaillée n'est possible. Au NE de la mer Morte et plus au S, on ne trouve aucune trace de Jurassique marin ; du moins rien ne permet, dans la succession gréseuse qui sépare le Trias du Cénomanien, d'identifier son équivalent.

Dans l'Hermon, le Jurassique moyen marin atteint une puissance considérable : 1 450 m (Dubertret, 1954, p. 28). La faune y est fort semblable à celle de l'affleurement du bassin du N. el Zarqa.

Le Jurassique supérieur marin, bien représenté dans l'Hermon (Vautrin, 1934 *a*) et en Palestine (Shaw, 1947) est absent dans nos coupes transjordaniennes.

Nous hésitons à établir une corrélation détaillée avec la Palestine : Shaw (1947) a déjà attiré l'attention sur les difficultés de comparaison entre le Jurassique de Kurnub et celui de Raman. Dans la première localité, n'affleure que du Jurassique supérieur (212 m) alors que, dans la deuxième, on retrouve du Jurassique moyen, mais dans un faciès nettement plus gréseux (460 m).

Coupe de O. Raman (Shaw, 1947), de bas en haut :

— calcaires à *Ampullina* et *Gervillia*	100 m
— grés à stratification torrentielle et marnes	325 m
marnes et calcaires à Brachiopodes	35 m

L'équivalent de la formation de Huni peut se suivre jusqu'au golfe de Suez, à Ras el Abd (long. 32° 21'30" ; lat. 29° 33'20") : sous des grés affleurent des calcaires bathoniens à intercalations gréseuses et marneuses (100 m).

La comparaison des faciès et des puissances donne au tracé de la ligne de rivage du Jurassique moyen une orientation sensiblement parallèle à celle du Trias (fig. 25-1).

LE CRÉTACÉ

Nous distinguons quatre formations principales, de bas en haut :

Grès de Hathira, entre le sommet du calcaire jurassique et le calcaire cénomanien transgressif ;
Calcaire de Judée, cénomanien à santonien en Transjordanie ;
Calcaires à Silex de Qatrane, campaniens (*s. l.*) ;
Marnes crayeuses de Ghareb, maestrichtiennes.

GRÈS DE HATHIRA [1]

I. — HISTORIQUE.

Lartet (1869), Hull (1886) et leurs successeurs, y compris Blake (1939, p. 73), classaient le faciès gréseux de la base du Crétacé dans le *grès de Nubie s. l.* Blake (1939) lui reconnaissait une large extension en Transjordanie. Dans une coupe à El Rumman (bassin du N. el Zarqa, fig. 10), il a distingué, au-dessus de calcaires jurassiques, une succession de grès, puissante de 270 m, au sein de laquelle s'intercalent des shales sableux gris, à Plantes. Celles-ci, déterminées par Edwards (1929), indiquent simplement un âge crétacé.

A Zarqua Ma'in, Blake (1939, p. 74) situe dans l'intervalle compris entre le Cénomanien et le Trias, des grès rouges azoïques (241 m) sur lesquels viennent des grès blancs (244 m).

Quennel (1951, p. 99) observe que les grès de Kurnub (Hathira) se distinguent, sur les photographies aériennes, depuis Aqaba jusqu'à 6 km au N de N. el Zarqa.

II. — DESCRIPTIONS LOCALES.

Nos coupes détaillées ne révèlent aucune particularité nouvelle, sauf dans la région du N. el Zarqa où, contrairement à l'affirmation de Blake (1939, p. 74), la sédimentation gréseuse est interrompue à plusieurs reprises par des épisodes franchement marins. Leurs témoins affleurent sur la piste de Es Salt à Nablus, aux environs de Aïn Khuneizir (fig. 10).

1. Du nom tiré de l'O. Hathira, qui traverse la structure de Kurnub, en Palestine. Quennell (1951) désigne cette formation sous le nom de « *Grès de Kurnub* » tout en insistant sur le fait que ces grès ne doivent pas être confondus avec les terrains pliocènes de Kornub décrits par Blake (1928, p. 21-22). Picard (1943 *a*, p. 76), de son côté, emploie le terme de *Hosb-Kurnub* pour désigner des sables pliocènes. Pour éviter toute confusion, nous avons adopté ici le nom de *grès de Hathira*, qui avait été antérieurement publié par Shaw (1947, p. 21).

Coupe à *Aïn Khuneizir* (x = 212.200 ; y = 172.500), de bas en haut, à partir du calcaire jurassique (fig. 16-17) :

Z 11 — *discordance* (surface d'érosion) :

1.	Conglomérat grossier à galets de quartz et blocs roulés de calcaire jurassique, de 5 à 20 cm de diamètre	1,0 m
2.	Marne sableuse gris verdâtre, à cassure conchoïdale ; *débris de Plantes* (repère Z 12)	2,5 m
3.	Grès grossiers blancs, jaunes, rosés et violacés, à stratification torrentielle ; quelques niveaux à graviers de quartz et, à la base, grès marneux gris, compacts, à croûtes ferrugineuses	27,5 m
4.	Marne sableuse, brun chocolat, jaune et olivâtre, avec, à la base, quelques bancs de grès (repère Z 13)	9,0 m
5.	Grès brun, bien cimenté, dur	1,0 m
6.	— Grès marneux tendre, passant vers le haut à un grès blanc surmonté d'une croûte ferrugineuse rouge sombre	4,0 m
7.	Shale gris ardoise	3,0 m
8.	Grès grossiers, tendres, blancs, jaunes et roses, à stratification entrecroisée, quelques niveaux à fin gravier de quartz et fines strates de grès ferrugineux et de croûtes marneuses	31,7 m
9.	Marne sableuse vert pâle, à cassure conchoïdale	0,5 m
10.	— Grès grossiers blancs et jaunes, faiblement consolidés, à stratification torrentielle ; croûtes ferrugineuses rouge sombre	10,8 m
11.	Shale gris verdâtre, tâcheté de pourpre ; *débris de Plantes* (repère Z 14)	4,0 m
12.	Marne bleu pâle, tâchetée de pourpre, à cassures conchoïdales	0,8 m
13.	Grès grossiers blancs, jaunes et roses, à stratification torrentielle ; fines strates de croûtes marneuses, jaunes et pourpres, et de shales sableux, gris, s'intercalant dans la partie inférieure	16,2 m
14.	— Shales en alternances rouge sombre, grises, vertes et brunes, coupées de quelques bancs de grès marneux rouges et ferrugineux, à concrétions gréseuses branchues ; stratification tronquée ; *débris de Plantes*	2,7 m
15.	— Grès marneux violacés, compacts, passant vers le haut à une marne sableuse finement litée en bandes grises et jaunes ; *débris de Plantes*	2,8 m
16.	Falaise gréseuse brune, dure ; fine intercalation marneuse verte, au milieu	5,7 m
17.	Shale sableux en alternances vertes et rouges, avec quelques bancs gréseux	2,0 m

Albien marin (fig. 17) :

18.	— Marne sableuse et glauconieuse, brune à *Knemiceras* sp., *dents de Poissons*, *débris de Plantes*	0,3 m
19.	— Marne, verte et rouge, à bancs de grès marneux jaunes et blancs (repère Z 15)	1,7 m
20.	— Calcaire marneux, jaune brun, à moules de Lamellibranches	5,4 m
21.	Grès marneux, brun foncé et rouges, compacts	1,0 m
22.	— Shale sableux, gris ardoise, à débris de Plantes	0,6 m

(*Source d'Aïn Khuneizir*) :

23.	— Grès grossiers jaunes, rouges, blancs et roses, à stratification torrentielle ; marneux et finement lités, à la base	12,8 m
24.	— Grès jaunâtres, en bancs de 20 cm, alternant avec des shales jaunes, verts et pourpres, à cassure esquilleuse	6,0 m
25.	— Grès tendres, blancs, roses et pourpres	1,8 m

26. — Shales en alternances vertes, jaunes et pourpres, avec quelques niveaux gréseux. 3,2 m

27. — Grès tendres, blancs, zonés de rouge et de pourpre, à stratification tronquée ; latéralement s'intercalent quelques niveaux marneux.................... 6,5 m

28. — Shales en alternances grises, jaunes et pourpres, interstratifiés de lentilles gréseuses pourpres ; *débris de Plantes* ; latéralement, grès à lentilles de shale, gypsifère passant (en x = 213 500 ; y = 171 000) à des marnes et grès glauconieux contenant des débris de Poissons et d'Échinoïdes associés à de petits Gastéropodes.......... .... 1,0 m

Fig. 16. — Coupe de la base du Cretacé (grès de Hathira), de l'Albien et du Cénomanien a Ain Khuneizir (coupe II, fig. 10).

29. Calcaire marneux, partiellement dolomitisé, dur, vert et jaune ; latéralement (en x = 213 500 ; y = 171 000) ce banc s'épaissit de 20 cm à 2 m, s'interstratifie de bancs de marne jaune et verte et se charge, à la base, de glauconie. 2,0 m

30. Grès jaune brun, faiblement consolidé.................................. 2,0 m

31. Shale sableux, gris-vert, jaune et pourpre, à croûtes ferrugineuses ; latéralement ce banc s'amincit avant d'être complètement tronqué par un niveau de calcaire marneux qui, à son tour, est tronqué par le niveau sus-jacent...... 3,0 m

32. Grès grossier dur, à ciment calcaire, nodules et croûtes ferrugineuses pourpres ; latéralement ce niveau devient finement lité et comporte des strates de shale 1,0 m

33. Shale gypsifère, vert et jaune, comportant quelques bancs de calcaire marneux, jaune, épais de 0,50 m, à Gastéropodes et Lamellibranches indéterminables ; croûtes ferrugineuses au sommet.................................... 4,0 m

34. Grès grossiers, jaunes, blancs et pourpres, à stratification torrentielle ; la partie supérieure passe latéralement à un calcaire marneux et sableux, à vestiges de Gastéropodes.. 11,3 m

35. Dolomie ocre, très dure, formant saillie ; traces de fossiles.................. 1,2 m

Z 17.

36. Grès grossiers, tendres, blancs, jaunes, roses et pourpres, comportant des niveaux de shale gris, finement lités....... .... 23,2 m

37. — Grès glauconieux, jaune, à ciment calcaire.............................. 0,8 m

Sommet des grès de Hathira (x = 213.750 ; y = 172.250).

Puissance : 211 m

Les grès de Hathira se suivent, vers le S, dans la région de O. Barud (fig. 10). Notre coupe, mesurée dans cette dernière localité, révèle un minimum de 150 m de grès au-dessus des calcaires jurassiques [1]. A 70 m de la base s'intercale un niveau calcaire, epais de 1 m, surmonté de 0,5 m de marne gypsifère à Huîtres ; sans doute faut-il voir là le prolongement du niveau albien d'Aïn Khuneizir.

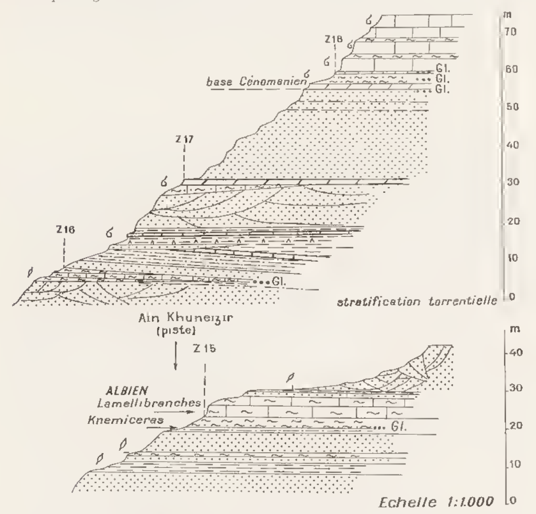


Fig. 17. — Coupe stratigraphique détaillée de l'Albien (a *Knemiceras*) et de la base du Cénomanien a Aïn Khuneizir.

La coupe également incomplète de O. Hisban (fig. 9) comprend une puissance de grès de plus de 130 m; les seuls vestiges d'origine marine sont des *ripple-marks* et des *niveaux glauconieux* répartis dans les soixante premiers mètres depuis la base.

1. Une faille sépare cette coupe, qui s'arrête dans les grès, du compartiment affaissé dans lequel n'affleure que la partie supérieure des grès et le Cénomanien. L'absence de niveaux repères nous empêche de raccorder les tronçons de coupe situés de part et d'autre de la faille.

III. — Conclusions et corrélations.

Le conglomérat (niveau 1) de la base de la coupe d'Aïn Khuneizir est l'équivalent latéral du conglomérat du sommet de la coupe de O. Huni (p. 130). Les blocs roulés de calcaire jurassique sont les témoins d'une certaine érosion ayant affecté les bancs supérieurs de cet étage.

Dans les niveaux 18-20, nous reconnaissons les témoins d'une avancée de la mer albienne à *Knemiceras*, dont les dépôts sont bien représentés dans l'O. Farah, sur le versant palestinien du fossé (Blake, 1936) (v. fig. 2).

La coupe de O. Farah, décrite par Blake (1936, p. 64), comprend également de l'Aptien marin, mais celui-ci ne semble pas avoir atteint la Transjordanie.

Les niveaux marins supérieurs de la coupe d'Aïn Khuneizir suggèrent que la transgression cénomanienne s'est faite avec des oscillations de faible amplitude, au cours desquelles des groupes de couches ont été tronqués par érosion avant le dépôt des niveaux sus-jacents.

La ligne de rivage de l'Albien est, à peu de chose près, parallèle à celle du Jurassique ; l'étage présente à Kurnub exactement le même faciès qu'à Aïn Khuneizir.

Dans la localité type, à O. Hathira, la coupe décrite par Shaw (1947, p. 21-22) sur les données de Damesin et Nasr (1945) révèle une succession de grès multicolores, de teintes généralement vives, à stratification torrentielle. Cette formation, puissante de plus de 400 m, y repose en discordance sur du Jurassique supérieur. Les grès contiennent des restes de Plantes ne donnant pas d'indication d'âge, mais de rares niveaux marins fossilifères marquent les étapes de leur dépôt : couches à *Knemiceras* (Albien) [1] à 156 m au-dessus de la base, et lentille marno-gréseuse à *Exogyra flabellata* (Cénomanien), 150 m plus haut.

Les variations de puissance des *grès de Hathira* s'établissent comme suit (fig. 3) :

Transjordanie : N. el Zarqa : 214 m (Wetzel et Morton, 1945).
Zarqa Ma'in : 234 m (ibid.).
Edh Dhira : 167 m (ibid.).
O. Musa : 97 m (Nasr et Morton, 1946).
Naqb Ishtar : 71 m (Nasr et Morton, 1947).

1. Avnimelech, Parness et Reiss (1954) les décrivent comme des calcaires gréseux et des calcaires ferrugineux plus ou moins argileux et pseudo-oolitiques, riches en fossiles :

Exogyra sp. cf. *E. weatherfordensis* Cragin ; *Knemiceras uhligi* (Choffat) var. *douvillei* (Basse) ; *K. compressum* Hyatt ; *Protocardium biseriatum* Conrad ; *Anisocardia orientalis* Conrad ; *Protocyprina libanotica* (Fraas) ; *Trigonia libanotica* Vokes ; *Cytherea brongniarti* Leymerie ; *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp.

Ils en situent la faune dans l'Aptien supérieur-Albien inférieur, de faciès côtier.

Cisjordanie : O. Farah : base non visible.
Kurnub : 400 m (SHAW, 1947)[1].
O. Raman : 253 m (SHAW, 1947)[1].
Arayif en Naja : 195 m (SHAW, 1947).
O. Munei'ya : 170 m (M. W. BALL et D. BALL, 1953).

Des pointements de grès de Hathira apparaissent encore au cœur des structures de Suwan et de Hasa, dans l'E du désert transjordanien (fig. 6).

CALCAIRE DE JUDÉE[2] (Cénomanien-Turonien-Santonien).

I. — HISTORIQUE.

Reprenant les travaux de BLANCKENHORN (1934)[3] et les complétant, BLAKE (1939, p. 78-85) décrit plusieurs coupes fragmentaires du Crétacé moyen[4].

Dans la région du *N. el Zarqa*, il distingue la succession suivante, de bas en haut :

a) Marnes et calcaires finement lités.
b) Dolomies massives à Rudistes.
c) Calcaires à intercalations marneuses à : *Exogyra delettrei* COQ., *E. flabellata* GOLD., *E. columba* LMK., *E. olisiponensis* SHARPE, *Anisocardia aquilina* PERV., var. *magerensis* COQ., *Inoceramus* cf. *inconstans* WOODS, *Dosinia delettrei* (COQ.), *Pecten shawi* PERV., *Venus reynesi* (COQ.), *Liopistha* cf. *ligerensis* D'ORB., *Pholadomya luynesi* LARTET, *P. vignesi* (LARTET), *Cerithium tenouklense* (COQ.), *Nerinea bicatenana* (COQ.), *Turritella* cf. *difficilis* D'ORB., *Hemiaster luynesi* COTT., *Neolobites fourtaui* PERV.
d) Calcaires massifs.
e) Calcaires à intercalations marneuses.
f) Calcaires à silex, de type *mizzi helou*.

Puissance indiquée pour les niveaux $a + b + c$: 240 m.

BLAKE situe le niveau à *Neolobites fourteaui* et *Exogyra olisiponensis* dans le Cénomanien supérieur-Turonien inférieur et les niveaux *d* à *f* dans le Turonien. Il remarque que, depuis Ajlun vers le S, le Cénomanien et le Turonien diminuent de puissance et deviennent de plus en plus argileux.

Dans une coupe à *Zarqa Ma'in*, BLAKE (1939, p. 79) distingue, au-dessus des grès,

1. D'après les mesures de DAMESIN et NASR (1945).
2. PICARD (1938) a décrit, dans la région de Jérusalem, des calcaires et dolomies néritiques, cénomaniens et turoniens qui forment l'ossature des monts de Judée. F. E. WELLINGS (1940, inédit) s'en est inspiré pour introduire dans la nomenclature locale le terme *calcaire de Judée*, pour désigner cette formation néritique. Depuis, ce terme est devenu d'un usage courant parmi les géologues pétroliers. QUENNELL (1951) adopte pour désigner ces calcaires, le terme *Ajlun Series*, mais sans en donner de coupe à l'appui. Nous conservons le terme calcaire de Judée, qui a la priorité.
3. Puissances indiquées p. 166) : Cénomanien inférieur 482 m, Cénomanien supérieur 25 m, Turonien 162 m.
4. Il est d'usage, dans le Moyen-Orient, de désigner par Crétacé moyen le cycle néritique calcaire cénomanien-turonien (s. l.) et par Crétacé supérieur les faciès crayeux sénoniens et maëstrichtiens.

des calcaires durs, à intercalations de shales verts à la base (91 m), surmontés de calcaires blancs et de dolomies à intercalations marneuses à *Exogyra columba* Lmk (152 m), cénomaniens supérieurs. Au-dessus suivent des marnes gypseuses, puis des calcaires jaunes (122 m), qui seraient turoniens.

Dans l'*O. Mujib* (fig. 5), une coupe reproduite par Blake (1931, p. 78) sur les données de Wyllie, Campbell et Lees (1923, inédit) s'établit comme suit :

— *Cénomanien*, 195 m : alternances de calcaires à Rudistes et de calcaires à Nérinées.
— *Turonien*, 285 ; de bas en haut :
  — marne verte et grès à *Exogyra olisiponensis* Sharpe, 45 m ;
  — calcaire crayeux à *Exogyra africana* Lmk, 75 m ;
  — marne crayeuse, 60 m ;
  — calcaires, gris, à silex, 105 m.

Dans l'*O. Kerak*, Blake (1939) reconnaît du Turonien à Ammonites, séparé d'un calcaire cénomanien supérieur à *Neolobites fourtaui* Perv. et *Exogyra columba* Lmk par des shales et du gypse marquant une coupure. Puissance totale : 209 m dont 106 m de Cénomanien et 103 m de Turonien.

Plus au S, Blake constate une diminution sensible de la puissance des calcaires, se manifestant par la disparition progressive des bancs inférieurs, en même temps que les assises supérieures se chargent d'intercalations gréseuses (*op. cit.*, p. 75).

Vers l'intérieur du plateau, du Turonien à *Ostrea africana* a été découvert, par Wellings, dans l'*O. Hasa*, à 135 km à l'E de Ma'an (Blake, 1939, p. 83).

II. — Descriptions locales.

Malgré de grandes analogies d'ensemble, il est difficile de faire la corrélation entre les diverses coupes décrites par Blake. Nous allons tenter de baser des subdivisions sur les microfaciès et de compléter les données de la macrofaune par celles de la microfaune.

A) *Calcaire de Judée dans la région du N. el Zarqa.*

Le calcaire de Judée affleure en auréole autour du domaine d'érosion du N. el Zarqa et de ses affluents (fig. 10). Si la base en est presque toujours visible, il n'en va pas de même du sommet. Nous avons néanmoins trouvé une coupe complète et facilement accessible, le long de la route de Suweilih à N. el Zarqa-Jérash, à travers le flanc NW de l'anticlinal de Suweilih.

Coupe de Suweilih (fig. 10, 18 et 19) de bas en haut, à partir du grès de Hathira :

1) Calcaires néritiques (137 m) :

— Calcaires gréseux et marnes sableuses, riches en glauconie et débris coquilliers..... 5 m
— Calcaires néritiques, gris à gris-brun, en gros bancs avec des intercalations marneuses ; *Haplophragmoides* aff. *excavata* Cushman et Waters ; *Citharina* sp. ; Echinoïdes ; Ostracodes ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *Protocardia* sp. ; *Pholadomya* sp. ; dents de Poissons.......... 31 m

- *Zone à Trocholina* ; falaise de calcaire néritique formant saillie et se terminant par un banc à Strombes ; *Trocholina* aff. *lenticularis* Henson ; *Cuneolina* sp. ; Milioles ; *Hemiaster* sp. ; *Exogyra flabellata* Gold ; *Plerodonta* aff. *germeri* Blk. ; *Tellina* sp. ; *Strombus* sp. ; Algues calcaires.. 7 m
- Marne gypsifère, vert olivâtre, à Ostracodes, piquants d'Oursins ; *Haplophragmoides* aff. *exacavata* Cushman et Waters.. 4 m
- *Zone à Praealveolina* : calcaires néritiques, localement marneux, au sein desquels se développent des récifs de Rudistes, à *Textularia* sp. ; *Cuneolina* sp. ; *Globigerina* sp. ; *Cribrogenerina* sp. ; *Gumbelina* sp. ; *Begia*[1] sp. ; *Miliola* sp. ; *Praealveolina* sp. (? *iberica*) ; *Sphaerulites depressus* ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *E. columba* Lmk. ; *Venus reynesi* Coq. ; *Cardium* sp. ; *Nerinea* sp.. 90 m

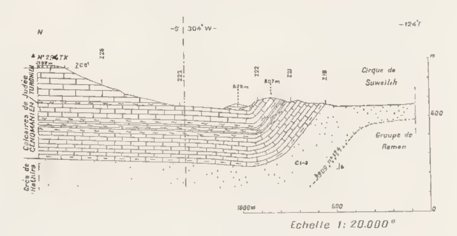


Fig. 18. — Coupe du calcaire de Judée cénomanien-turonien à Suweilih (coupe III, fig. 10).

2) Marnes à Globigérines (74 m) :

— Marnes jaunâtres en alternances régulières avec des calcaires marneux de même apparence que les marnes, mais plus durs ; assise caractérisée par un essaim d'*Oligostegina* sp. accompagné de *Globigerina* sp. ; *Gumbelina* sp. ; *Orbitolina* cf. *concava* Lmk. ; Echinoïdes ; Turbinolides ; Ostracodes ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *E. columba* Lmk. ; *Neithea* sp. ; *Pholadomya vignesi* Lart. ; *Dosinia delettrei* Coq. ; *Plicatula* sp. ; *Cytherea* (?) *arnonensis* Blk. ; *Cerithium tenouklense* Coq.......... 42 m

— Mêmes alternances que ci-dessus ; calcaires plus néritiques prédominant de plus en plus vers le haut ; faune abondante ; *Cuneolina* sp. ; *Haplophragmoides* sp. ; *Meandropsina vidali* Schlb ; *Hemiaster cubicus* var. *depressus* Fourt. ; *H. pseudofourneli* Péron et Gauthier ; *Venus reynesi* Coq. ; *Arca trigeri* Coq. ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *E. africana* Lmk. ; *Protocardia moabitica* Lart. ; *Cardium pauli* Coq. ; *Dosinia delettrei* Coq. ; *Pholadomya vignesi* Lart. ; *Cytherea subbrongniartina* d'Orb. ; *Cerithium tenouklense* Coq. ; *Plerodonticeras dutrugei* Coq.............. 32 m

3) Calcaires néritiques (77 m) :

— Calcaires néritiques gris-brun avec intercalations de calcaires marneux à Milioles ; faune dans l'ensemble assez pauvre ; Algues, Coraux branchus, Huîtres......... 68 m

1. Genre *Begia* gen. nov. Smout A. H. (1956). Three new Cretaceous genera of foraminifera related to the Ceratobuliminidae. *Micropalaeontology*, vol. 2, n° 4, p. 335-346, pl. 1-2.

Repère Z 22.

Marnes olivâtres, tendres, avec bancs calcaires marneux et niveaux gypseux ; *Cuneolina* sp. ; *Hemiaster saulcyanus* d'Orb. ; Ostracodes ; *Modiola transjordanica* Blk. .... 9 m

4) Calcaires à Globigérines (37 m) :

— Zone à *Exogyra olisiponensis* Sharpe : calcaires marneux, gris brun à jaunâtres, alternant avec des bancs de calcaire cristallin, gris brun, plus durs. *Globigerina* sp. ; *Gumbelina* sp. ; *Plicatula auressensis* Coq. ; *Exogyra olisiponensis* Sharpe ; *Lucina* sp. ; *Protocardio* sp.

Repère Z 23.

5) Calcaire lagunaire (55 m) :

— Calcaires recristallisés, en alternances gris-brun clair et sombre : dolomitisations secondaires et occasionnels niveaux pseudo-oolitiques ; faune généralement pauvre et indéterminable. Foraminifères (Miliolidés, etc.) ; Échinoïdes ; petits Gastropodes ; Algues calcaires.

Repère Z 25.

6) Calcaire à silex (90 m) :

— Calcaires coquilliers cristallins, gris rosé et blanchâtres, en bancs massifs, comportant de nombreux nodules et bancs de silex brun ; fossiles généralement indéterminables, mais comprenant, au sommet, *Textularia* sp. ; *Globigerina* sp. ; *Gumbelina* sp.; Échinoïdes ; Ostracodes ; *Protocardia moabilica* Lart. ; Gastropodes ; Algues.

Au-dessus succèdent des calcaires *kakhule* typiques, gris jaunâtre, zonés de rose (10 m), d'âge santonien [1].

B) *Calcaires de Judée à Zarqa Ma'in.*

A l'E de Humrat Ma'in (fig. 9 et 19), en retrait du plateau gréseux, s'élève un escarpement couronné par une succession complète des calcaires de Judée. Nous y avons mesuré une coupe détaillée entre la route de Madaba à Hammam Zarqa Ma'in (x = 208.000 ; y = 115.500) et Redjm Mreijib, situé à 1,5 km vers l'ENE du point de départ de la coupe.

Les calcaires de Judée y mesurent 108 m de puissance La succession lithologique est semblable à celle de la région du N. el Zarqa ; mêmes niveaux glauconieux, à la base ; même banc à Strombes (ZM 15) et même épidose de marne gypsifère olivâtre (ZM 19-20). Mais à Zarqa Ma'in apparait, dans le niveau (4), un banc à Ammonites turoniennes : *Pseudotissotia* (*Leoniceras*) aff. *segnis* (Solger), *Thomasites* sp.

1. Sommet de la coupe en x = 229.778 ; y = 170 188 (point trigonométrique n° 792).

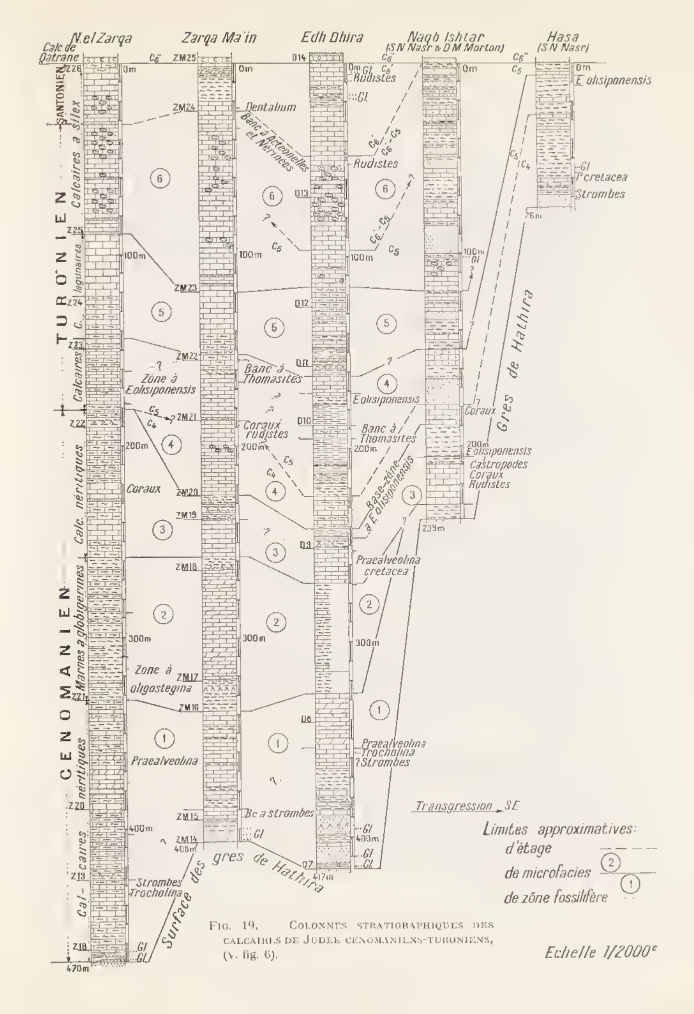


Fig. 19. Colonnes stratigraphiques des calcaires de Judée cénomaniens-turoniens, (v. fig. 6).

Le faciès *meleke* à Actéonnelles et Nérinées du sommet de la coupe se termine par une *zone marneuse* de transition (ZM 24-ZM 25), puissante de 26 m. Ainsi de bas en haut :

ZM 24-25 :

— *Zone marneuse de transition* : calcaires marneux tendres, gris rosé et jaunâtres, à auréoles ferrugineuses concentriques ; rares et minces lits de silex ; rapides variations latérales d'épaisseur des bancs inférieurs : lumachelles de grandes Huîtres ; *Dentalium* sp. ; *Ostrea* (aff. *conica*) ; *Vola* sp. .... 6 m
Marnes jaunes, plus ou moins calcaires, riches en limonite, avec rares niveaux de calcaire jaune, partiellement silicifié, dur ; abondante faune d'Échinoïdes .... 13 m
— Calcaire marneux, jaune, en partie dolomitique, passant, à la base et au sommet, à des calcaires cristallisés, gris-brun, partiellement dolomitiques ; Échinoïdes et lumachelles d'Huîtres .... 17 m

Au-dessus suivent, en concordance apparente, des calcaires crayeux de type *kakhule*.

C) *Calcaire de Judée dans le synclinal d'Edh Dhira*

La retombée des calcaires de Judée vers le synclinal d'Edh Dhira est entaillée par l'O. Kerak (fig. 8 et 19). Nous y avons étudié la succession en partant de la base, sur le côté N de la gorge (x = 207.300 ; y = 076.600) [1], de bas en haut :

D 7 :

1) *Calcaires néritiques* (91 m).

Zone glauconieuse, de base 27 m ; grès ferrugineux, à stratification torrentielle alternant avec des sables argileux et gypsifères et quelques bancs de calcaire marneux et gréseux, rougeâtres, à débris de coquilles ; niveaux glauconieux dans les grès et dans les calcaires.
— Marnes grisâtres et calcaires marneux à Huîtres ; à la base, niveaux de shale vert, entrecoupés de bancs calcaires ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *E.* (?) *conica* Sow. ; *Neithea* sp. ; *Hemiaster* cf. *cubicus* Desor. ; *Cardita* (?) *forgemoli* Coq. ; *Cardium pauli* Coq. .... 25 m
— *Zone à Trocholina et Praealveolina* : calcaire cristallin, grossier, gris-bleu foncé, à *Trocholina* sp. ; *Cuneolina* sp. ; *Praealveolina* sp. (au sommet) ; *Exogyra flabellata* Gold. ; *E. columba* Lmk. .... 13 m
— Calcaires cristallisés, localement dolomitiques, gris clair et jaunâtres, formant falaise ; *Miliola* sp. ; *Cuneolina* sp. ; Echinoïdes ; Algues (Codiacées et Dasycladacées) .... 26 m

2) *Marnes à Globigérines* (59 m).

— Marnes jaunâtres et verdâtres, cachées sous des éboulis.

1. Les couches étant en partie masquées par des éboulis, des observations complémentaires ont porté sur des affleurements du côté S de la gorge, en (x = 206 500 ; y = 074 800 et, en suivant soigneusement des niveaux repères, dans l'O. Edh Dhira et le long de la route de Kerak, en x = 205 500 ; y = 073 500).

3) *Calcaires néritiques* (29 m).

— *Zone à Praealveolina* : falaise de calcaires cristallisés, gris-brun clair, durs, à débris d'Huîtres et Algues calcaires ; *Praealveolina cretacea* D'ARCH. Croûte de marne ferrugineuse gypsifère, au sommet (repère D 9)........................... 17 m

— *Zone à Exogyra olisiponensis* : marnes et shales olivâtres, tendres, localement gypsifères, avec bancs de calcaires marneux fossilifères ; *Exogyra olisiponensis* SHARPE ; *E. columba* LMK. ; *E. africana* LMK. ; *E. flabellata* GOLD. ; *Dosinia delettrei* COQ. ; *Venus reynesi* COQ. ; *Modiola transjordanica* BLK. ; *Pholadomya vignesi* LART. ; *Pleuromya luynesi* LART. ; *Mactra petrosa* CONRAD. ; *Protocardia moabitica* LART. ; *Cerithium tenouklense* COQ. ; *Pterodonta homarensis* BLK. ; *Baculites* sp. ; *Heterodiadema libycum* DESOR. ; *Diplopodia gileadensis* BLK. ; *Hemiaster saulcyanus* D'ORB. ; *Globigerina* sp. ; *Cristellaria* sp. ; ? *Oligostegina* sp. ; Ostracodes, dents de Poissons. 12 m

4) *Calcaires marneux et marnes à Globigérines* (80 m).

— Falaise de calcaires marneux gris et jaunâtres alternant avec des bancs calcaires cristallisés, plus durs ; niveaux de marne papyracée à gypse fibreux ; *Globigerina* sp. ; *Gumbelina* sp. ; *Exogyra conica* SOW. ; *E. africana* LMK. ; *Protocardia combei* LART. ; *Dosinia delettrei* COQ. ; Ostracodes.............................. 19 m

— Marnes et shales, de couleur vert olivâtre ; intercalations de calcaire marneux plus durs et niveaux de gypse fibreux ; *Globigerina cretacea* CHAPMAN ; *Gumbelina* sp. ; *E. columba* LMK. ; *E. conica* LMK. ; *Plicatula reynesi* COQ. ; *Lucina useilli* SHALEM. ; Ostracodes.. 30 m

— Banc de calcaire marneux, gris jaunâtre, friable à Céphalopodes : *Thomasites* sp. associé à *Pseudotissotia* (*Léoniceras*) sp. et (?) *Fagesia* sp. ; *E. olisiponensis* SHARPE ; *Holectypus subpentagonalis* BLK.. 5 m

D 10 :

— Alternances de marnes et de shales olivâtres à niveaux calcaires, surmontés d'une falaise calcaire à niveaux pseudo-oolitiques ; *E. conica* LMK. ; *Plicatula fourneli* COQ. ; *Cardium saportae* COQ. ; *Hemiaster cf. nodulus* FOURT. ; *Holectypus cf. subpentagonalis* BLK. ; dents de Poisson ; Gastropodes ; Ostracodes ; Algues (Dasycladacées) et Milioles, au sommet.. 26 m

D 11 :

5) *Zone gypseuse et calcaires lagunaires* (43 m).

— Shales verts et rouges, veinés de gypse fibreux, associés à deux bancs de gypse massif, épais de 1,5 à 2 m : rares Ostracodes dans les shales......................... 12 m

— Alternances de marnes et shales gypsifères, verdâtres et de calcaires marneux, localement oolitiques, parfois dolomitisés ; rare microfaune : Milioles, Textulaires, Cunéolines ; Ostracodes.. 22 m

D 12 :

— Calcaires marneux de tons gris, en alternances sombres et claires, partiellement et fortement veinés de calcite ; dolomitisations secondaires ; niveaux oolitiques ; faune généralement pauvre et indéterminable : *Cuneolina* sp. ; *Miliola* sp. ; Ostracodes.. 9 m

6) *Calcaires à silex* (115 m).

— Calcaires coquilliers, recristallisés, gris-brun et crème, en bancs massifs, comportant de nombreux nodules et bancs de silex brun ; lumachelles d'Huîtres et bancs à

Rudistes ; shales et marnes verts et niveaux glauconieux à la partie supérieure ; faune généralement pauvre, représentée par des Ostracodes, Algues, Textulaires, Cunéolines. Un banc fossilifère, à 45 m du sommet, comporte une faune typiquement santonienne avec *Lopha sollieri* Coq. ; *Cardiaster moabiticus* Blk. ; *Echinobrissus hierosolymitanus* Blk. ; *E. luynesi* Cot. ; *Cuneolina pavonia* d'Orb. var. *parva* Henson.

(Repère D 14 — x = 205 500 ; y = 073 500.)

Au-dessus suivent des calcaires crayeux de type kakhule.

D) ***Calcaire de Judée au S et à l'E de la Mer Morte*** (fig. 6, 19 et 20).

Sud :

Des coupes relevées (Nasr et Morton, 1946) mettent en évidence une sensible diminution de puissance des calcaires de Judée du NW au SE, jusqu'à leur disparition totale à Tubeiq. Les calcaires sont progressivement remplacés par des marnes, puis par des sables. Plus on s'éloigne vers le SE, plus tard apparaissent les premiers niveaux fossilifères au-dessus des grès de Hathira. Ainsi à *Naqb Ishtar* les couches à *Exogyra olisiponensis* se trouvent à 30 m seulement de la base des calcaires de Judée, tandis que la fraction de coupe sus-jacente, de même puissance qu'à Edh Dhira, comporte un fort pourcentage de sables.

Est :

a) Au cœur de l'anticlinal de *Fuluq*, une vingtaine de kilomètres à l'E d'Azraq [1], affleure un noyau de marne dolomitique et de calcaire marneux à faune cénomanienne : *Heterodiadema libycum* Desor, *Hemiaster proclivis* Péron et Gauthier, *Goniopygus* cf. *syriacus* de Loriol, *Exogyra flabellata* Gold., *E. conica* Sow.

Ces couches, visibles sur 4 m seulement depuis leur sommet, sont recouvertes en discordance par du Crétacé supérieur : *le Turonien manque*.

b) A *Suwan* le calcaire de Judée est représenté par un faciès très peu profond, comprenant, à la base une faune particulière à *Echinobrissus* cf. *ludovici* Fourtau ; *Cytherea longa* Conrad ; *Coestocorbula* sp. ; *Crassatella* aff. *rothi* Fraas.

Des Ammonites turoniennes, *Neoptychites* sp., *Thomasites* sp., se trouvent à moins de 50 m au-dessus des grès de Hathira ; le Cénomanien y est donc réduit à quelques mètres seulement.

Dessus, suit du Santonien, de faciès régressif, sableux, gypseux et glauconieux.

c) A *Hasa* (fig. 20), le niveau à *Praealveolina cretacea*, qui à Edh Dhira est à 150 m au-dessus de la base des calcaires, vient juste au-dessus des grès de Hathira.

Le Cénomanien, réduit à 49 m, est représenté essentiellement par des marnes jaunâtres, glauconieuses à *Exogyra flabellata* Gold., *E.* gr. *decussata* associées à *Praealveolina cretacea* d'Archiac, *Edomia reicheli*, gen. et sp. nov. Henson. Le Turonien

1. Coupe en x = 341 725 ; y = 142 700.

est formé de 21 m des marnes et calcaires marneux avec, à la base : *Dosinia delettrei* Coq. ; *Hemiaster luynesi* Cotteau ; *Heterodiadema libycum* Desor. ; *Cytherea arnonensis* Blk, *Acanthoceras deverianum* d'Orb., *Exogyra africana* Lmk., *Strombus*, sp., etc., et au sommet : *Diplopodia variolare* Brong. ; *Exogyra olisiponensis* Sharpe, *Hemiaster luynesi* Cotteau ; *H. pseudofourneli* Péron et Gauthier ; *Plicatula fourneli* Coq.

d) A *Arfa*, petit dôme situé à 110 km à l'E de Ma'an affleure un noyau de calcaire de Judée : calcaires cristallins durs, localement teintés d'oxyde de fer, souvent gréseux, à rares fragments de coquilles recristallisés, alternant avec des craies marneuses azoïques (12 m) ; au sommet, assise gréseuse et marno-sableuse (8 m).

Dessus suit du Crétacé supérieur, siliceux et phosphatique.

III. — Conclusions et corrélations.

Le *Calcaire de Judée* affleure d'une façon continue le long du rebord du plateau transjordanien, depuis le N. Yarmouk au N jusqu'au parallèle d'Aqaba au S.

La puissance de l'ensemble de la formation diminue du N vers le S et de l'W vers l'E (fig. 6 et 20).

Dans la coupe de *Suweilih* (N. el Zarqa) les données paléontologiques sont insuffisantes pour nous permettre de délimiter avec exactitude le Cénomanien et le Turonien. Rabanit a situé les marnes olivâtres qui couronnent le niveau 3 (au-dessus du repère Z 22) dans le Cénomanien tout à fait supérieur ; il fait débuter le Turonien par les calcaires à *Exogyra olisiponensis* Sharpe, Globigérines et Gumbelines (niveau 4), à faciès plus profond.

Le contact lithologique entre le sommet de la formation calcaire néritique de Judée et les calcaires crayeux sus-jacents, de type kakhule, est très net mais aucune indication ne permet d'en préciser le niveau.

Dans la région d'*Irbid*, Nasr (inédit) a observé que le haut du calcaire de Judée comprend des calcaires détritiques, coquilliers, à Radiolitidés et Nérinées, sur lesquels viennent des calcaires santoniens, plus fins, à *Cuneolina pavonia* var. *parva* Henson ; puis suivent des craies campaniennes (s. l.). Le sommet du calcaire santonien est marqué par une nette coupure lithologique ; c'est à ce niveau que se situe le sommet des calcaires de Judée.

A *Zarqa Ma'in*, la microfaune n'a pas été étudiée. La seule indication d'âge nous est donnée par le banc à Ammonites turoniennes, mais rien ne permet de préciser la limite exacte entre le Cénomanien et le Turonien. Sur les colonnes stratigraphiques nous l'avons placée arbitrairement en ZM 21, à 20 m au-dessous du banc à Ammonites, en nous basant sur des analogies de faciès avec la coupe de Suweilih.

La zone marneuse ZM 24-ZM 25 du sommet de la coupe semble indiquer une tendance à l'émersion, la stratification irrégulière des niveaux inférieurs suggérant

la proximité d'un haut fond turonien. L'abondance des *Dentalium* sp. semble situer cette zone dans le Santonien.

Le passage d'un faciès à l'autre se fait graduellement ; il s'ensuit que les limites des faciès n'ont rien d'absolu. Mais l'ordre de succession de ces faciès se retrouve, à quelques détails près, dans toutes nos coupes.

Vers le S (Naqb Ishtar) et vers l'E (Hasa) la diminution de puissance du calcaire de Judée se traduit par la disparition graduelle des niveaux inférieurs 1 et 2 du Cénomanien. Le Turonien conserve une puissance à peu près constante, du N au S, mais devient gréseux à Naqb Ishtar.

En comparaison avec la Palestine, où le calcaire de Judée comprend un grand développement de dolomies (Picard, 1943, p. 34), le faciès transjordanien, riche en marnes, gypses, lumachelles d'Huîtres et grandes Ammonites turoniennes est plus littoral.

La faune à *Eoradiolites lyratus* Conrad qui, en Palestine et au Liban, est commune à la base du Cénomanien, n'a été trouvée dans aucune de nos coupes. Sans doute la transgression cénomanienne débute-t-elle, en Transjordanie, par un horizon supérieur aux couches à *Eoradiolites*.

La coupe d'*Edh Dhira* reproduit, en gros, la succession des faciès de Suweilih. Elle se caractérise par une plus grande extension verticale du faciès à Globigérines (niveau 4) et par un grand développement de niveaux gypseux au Turonien. La limite entre le Cénomanien et le Turonien se situe approximativement, comme à Suweilih, à la base des calcaires compacts à Globigérines (niveau 4). L'âge turonien de cette unité est confirmé par la présence, à 30 m au-dessus de la base, d'un banc à *Pseudotissotia* (*Leoniceras*) sp., *Thomasites* sp., identique à celui de la coupe de Zarqa Ma'in.

Le niveau de marnes olivâtres, localement gypseux, à *Exogyra olisiponensis* (partie supérieure du niveau 3) est, comme dans les autres coupes, facilement reconnaissable. Dans les diverses coupes, il se situe comme suit (fig. 19) : Z 22 (région du N. el Zarqa) ; ZM 19 (Zarqa Ma'in) ; D 9 (Edh Dhira). Dans toutes ces coupes la faune à *Exogyra olisoponensis* ne descend pas plus bas.

Le niveau 5, à bancs de gypse, est l'équivalent du calcaire à Milioles, à faciès lagunaire (niveau 5) de Suweilih.

Le niveau 6, à *Lopha sollieri*, constitue un repère chronologique d'âge santonien indubitable, mais il est probable que la limite entre Turonien et Santonien se situe plus bas. En l'absence de faune, rien ne permettrait de distinguer les calcaires santoniens des calcaires turoniens ; il est donc justifié de les inclure dans l'unité lithologique des calcaires de Judée.

La localisation des faunes de la coupe d'Edh Dhira est illustrée sur le tableau fig. 21 ; les niveaux fossilifères ne constituent que quelques repères sur un fond azoïque ou ne contenant que des fossiles broyés en menus fragments indéterminables. Il est intéressant de noter le grand rôle joué par les Algues calcaires et par les Ostracodes. Une faune à Milioles va de pair avec un faciès plus lagunaire des calcaires.

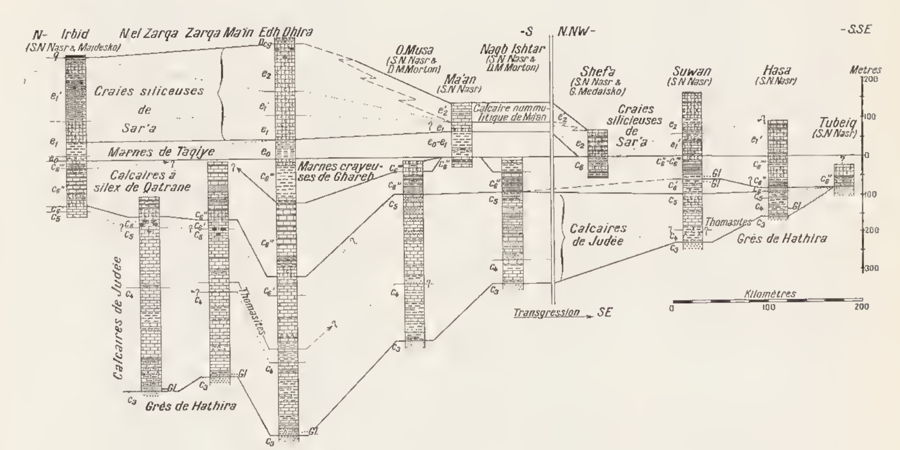


Fig. 20. — Colonnes stratigraphiques et corrélations du Crétacé et de l'Éocène en Transjordanie.

En Palestine, Bentor et Vroman (1951) distinguent deux faciès différents du Turonien ; l'un, identique à celui du Cénomanien, dans les synclinaux et l'autre, moins profond, à intercalations gréseuses, sur les anticlinaux. Le nombre de nos points d'observation en Transjordanie est insuffisant pour nous permettre d'en tirer des conclusions analogues.

Au Liban, d'après Dubertret (1954, p. 45-46), le *Cénomanien* présente un développement régulier et sa puissance paraît peu s'écarter de 600 m. Le *Turonien* présente par contre des variations assez nettes. Il n'est pas connu dans les régions hautes et se distribue en auréole autour du massif du Liban, comme autour de l'Hermon.

Le tableau des puissances du calcaire de Judée, en Palestine et en Transjordanie s'établit comme suit (v. la carte des isopaches, fig. 25-4) :

Jérusalem (Picard, 1938) : 690 m (base invisible).
O. Hathira (Shaw, 1947) : 445 m — (M. W. Ball et D. Ball, 1953) : 393 m.
O. Raman (Shaw, 1947) : 375 m — (M. W. Ball et D. Ball, 1953) : 433 m.
O. Muneïya (M. W. Ball et D. Ball, 1953) : 270 m.
N. el Zarqa (Wetzel et Morton, 1945) : 460 m.
Zarqa Ma'in (id.) : 408 m.
O. Mojib (Blake, 1939) : 480 m.
O. Kerak (Wetzel et Morton, 1945) : 417 m.
O. Musa (Nasr et Morton, 1946) : 380 m.
Naqb Ishtar (id.) : 239 m.
Suwan (id.) : 165 m.
Hasa (id.) : 76 m.
Tubeiq (id.) : 0 m.

Les courbes isopaques du calcaire de Judée (fig. 25-4) sont sensiblement parallèles aux lignes de rivage du Trias et du Jurassique (fig. 25-1). La transgression cénomanienne a donc progressé de l'WNW vers l'ESE. Il est intéressant de noter que, dans l'ensemble, les puissances augmentent rapidement vers l'W, à partir d'une ligne qui coïncide sensiblement avec l'emplacement actuel du versant oriental du fossé du Jourdain.

A noter que la partie turonienne du calcaire de Judée ne dépasse pas 70 à 80 m à O. Hathira, O. Raman et O. Munei'ya (Shaw, 1947, p. 24 et M. W. Ball et D. Ball, 1953, col. stratigr. 6, 8 et 12) alors qu'elle atteint plus du double dans nos coupes à l'E du fossé (v. la carte des isopaques du Cénomanien et du Turonien, fig. 25-3). Faut-il voir là la montée, au Turonien, d'un seuil palestinien sur le méridien de Jérusalem, qui serait à l'origine des dépôts lagunaires sur le versant oriental du fossé ? Le sillon turonien (fig. 25-3) semble indiquer une première ébauche du fossé de la mer Morte.

CALCAIRE A SILEX DE QATRANE[1], approximativement Campanien.
MARNES CRAYEUSES DE GHAREB[2], Maestrichtien.

I. — Historique.

Blanckenhorn (1907 et 1912 *b*) attira l'attention sur les collines d'Amman, formées de calcaires caverneux à *Ostrea villei* Coq. et de calcaires denses, phosphatiques, à lits ondulés de silex.

Krusch (1911) en décrit les gisements de phosphates.

Reprenant les observations de ses prédécesseurs, Blake (1939, p. 87-89) décrit une coupe sur la route d'Es Salt à Amman, de bas en haut :

— calcaire crayeux bitumineux, santonien à campanien, de type kakhule; 30 à 150 m.
— calcaire crayeux campanien, à silex; 120 à 300 m.
— craie phosphatique maëstrichtienne à *Libycoceras zitteli*, *Hamites* sp., *Ostrea vesicularis* Lmk., *Lopha* cf. *forgemoli* Coq., *Plicatula ferryi* Coq., *Lucina dachelensis* Wanner, *Meretrix rohlfsi* Quaas.

Autres observations de Blake (1939) :

– à *Zarqa Ma'in*, du *kakhule* bitumineux (122 m), surmonté de calcaire à silex (183 m) ;
dans l'*O. Qatrane* (fig. 6), de bas en haut :
— *kakhule* bitumineux : 45 m ; base non visible,
— calcaire à silex et brèches à silex[3] ; 150 m,
— phosphates à *Ostrea villei* Coq.

A 10 km à l'E de O. Qatrane les phosphates sont séparés du calcaire à silex redressé, par une discordance.

Dans l'*O. Hasa*, le long de la piste de Tafile, le calcaire à silex est séparé du calcaire de Judée par des niveaux gréseux, à l'exclusion de *kakhule*.

A *Aïn Musa*, le calcaire à silex repose directement sur le calcaire de Judée ; il n'y a pas de *kakhule*.

1. Le nom de cette formation a été proposé par Nasr (1948) d'après la localité de Qatrane, située sur la route de Kerak. Coupe près du pont de Delba (x = 234 900; y = 070 100). Bien que inédit, le nom de *formation de Qatrane* figure dans plusieurs rapports officiels. Synonymes : Santonien-Campanien de Picard (1931); Sénonien de Avnimelech (1936); groupe G-J (partie inférieure) de Henson, cité par Blake (1939); Belqa series (partie inférieure) de Quennell (1951).
2. Nom tiré du J. Ghareb, Palestine (fig. 6). Synonyme de Maëstrichtien de Picard (1931).
3. Avnimelech (1936, p. 62) explique la formation de brèches siliceuses par les oscillations de la mer le long de la côte. Krusch (1911), puis Picard (1931) ont constaté que la silice des éclats et celle de la pâte ont les mêmes caractères microscopiques et, pour cette raison, concluent qu'ils sont contemporains. Lees (1928) pense que la solution siliceuse a imprégné le calcaire déjà formé, créant des surpressions qui ont brisé le complexe calcaire siliceux en éclats : ceux-ci auraient été cimentés à nouveau par l'imprégnation siliceuse.

QUENNELL (1951) groupe l'ensemble des formations crétacées supérieures et éocènes sous le nom de *série de Belqa*, mais il n'en donne aucune coupe. Il minimise (p. 101)

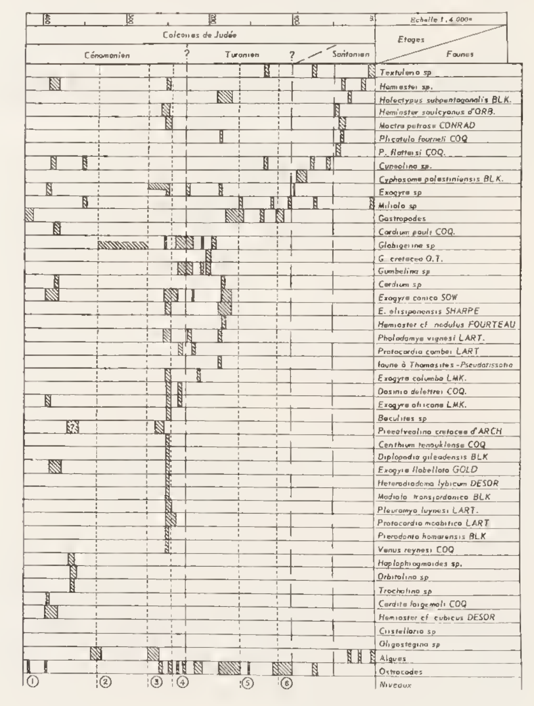


FIG. 21. — TABLEAU DE RÉPARTITION DES FAUNES DU CALCAIRE DE JUDÉE A EDH DHIRA.

l'importance de la discordance signalée par BLAKE près de l'O. Qatrane, en la ramenant à un diastème local.

Echelle 1 : 4 000°
Calcaires de Judée
Calcaires à silex de Qatrane
Craies de Ghareb
Etages
Faunes
Santonien
Campanien
Maëstrichtien
Globotruncana arca CUSH.
G. gr. stuarti de LAPP.
Valvulineria correcta CARSEY
Pseudovalvulina sp
Pseudovalvulineria sp
Cristellaria sp
Gumbelina sp.
Nodosaria sp
Eponides sp.
Cibicides sp
Globigerina sp.
Alabamina sp.
Palmula sp
Lucina blanckenhorni CHAV.
Varicorbula vokesi CHAV
Hamulus ingens AVNIMELECH
Baculites palestiniensis PICARD
Protocardia silica BLK
Indogrammatodon parallelus CONRAD
Pycnodonta vesicularis LMK
Mesosacella larteti CHAV
Callistina judaica PICARD
Zaria reyi LARTET
Z. seetzeni LARTET
Crassatella sp.
Turitella sp
Pisces
Phosphate
Cuneolina pavonia d'ORB. var. parva HENSON
Valvulamina sp.
Valvulamina picardi HENSON
Cardiaster moabiticus BLK.
Echinobrissus hierosolymitanus BLK
Lopha syriaca COQ

FIG. 22. — TABLEAU DE RÉPARTITION DES FAUNES DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR A EDH DHIRA.

II. — DESCRIPTIONS LOCALES.

En Transjordanie, le Crétacé supérieur est visible depuis le rebord du plateau basaltique du Haouran, au N, jusqu'à l'escarpement de Naqb Ishtar-Tubeiq, au S (fig. 2).

A. - Région d'*Irbid*. Une coupe complète a été mesurée par NASR et MEDAISKO, à 3 km à l'W d'Irbid, le long de la route de Jisr Majame (x = 227.300 ; y = 218.400) (fig. 20), de bas en haut :

Calcaires à silex de Qatrane, 96 m, en concordance apparente sur le calcaire de Judée :

1. — Alternances régulières de calcaire cristallin, fin et de calcaire crayeux de type kakhule, roses et jaunes, à Globigérines, *Cristellaria* sp., Ostracodes, *Crassalella larleli* Picard, *Indogrammalodon parallelus* Conrad, *Exogyra* sp., *Leda* sp., *Hamulus ingeni* Avnimelech, *Zaria reyi* Lartet, dents de Poissons.......... 31 m
2. — Calcaire kakhule rosé, parfois marneux, alternant avec des lits de silex brun ou gris ; *Globigerina* sp., *Neobulimina* sp., *Nodosaria* sp., Ostracodes, *Pycnodonla vesicularis* Lmk., *Crassatella falconieri* Picard, *Hamulus ingeni* var. *oclogona* Avnimelech .... 18 m
3. — Alternances régulières de silex brun, parfois bréchique, en bancs de 30 à 70 cm, et de kakhule blanchâtre et rosé à *Globolruncana* sp., *Bulimina* sp., Ostracodes, *Crassalella falconieri* Picard, *Leda perdila* Conrad, *Pycnodonla vesicularis* Lmk., *Protocardia* sp., *Clathroscala goryi* Lartet, *Mesosacella larleli* Chavan, *Zaria reyi* Lartet, *Euspira (Lunalia) judaica* (Blk) .... 17 m

Craie de Ghareb :

Craie phosphatique, à intercalations de marnes et de fines strates de calcaire fétide ; *Siphogenerinoides* sp., Ostracodes, débris de Poissons .... 7 m

B. — A *Amman*, coupe fragmentaire mesurée dans l'O. Haddada (fig. 10), de bas en haut, à partir du calcaire de Judée :

1. — Kakhule blanchâtre et rose ; *Globigerina* sp., *Gumbelina* sp., *Siphogenerinoïdes* sp. 15 m
2. — Calcaires phosphatiques, à silex contenant *Merelrix* sp. et *Baculites* sp.......... 30 m

C. — A *Zarqa Ma'in*, à 8 km à l'E de R. Mreijib (fig. 9), sur la piste de Libb à Attaruz (x = 118.000; y = 113.900), viennent, au-dessus du calcaire de Judée à faciès marneux, du *kakhule bitumineux*, 27 m, puis des calcaires à silex, 121 m.

D. — A *Edh Dhira* (fig. 8 et 20) affleure une coupe complète du Crétacé supérieur[1]; de bas en haut :

Calcaires à silex de Qatrane, 190 m, en concordance sur le calcaire de Judée (repère D 14) :

1. — Calcaire kakhule blanchâtre, finement poreux et d'apparence crayeuse, disposé en masse confuse sillonnée de diaclases perpendiculaires au plan de stratification ; ces calcaires dégagent une légère odeur bitumineuse sous le marteau et sont, localement souillés de taches roses ou ferrugineuses ; *Globigerina* sp., *Gumbelina* sp., *Cristellaria* sp.. 22 m
2. — Calcaire kakhule, partiellement silicifié, avec minces lits de silex ; localement niveaux à *phacoïdes* de calcaire gris ou bitumineux, à grain fin ; même faune que ci-dessus plus quelques radioles d'Échinoïdes.............................. 2 m
3. — Shale gris foncé à olivâtre, comportant quelques bancs de calcaire marneux et de fins niveaux de gypse fibreux ; localement les shales deviennent bruns et ont une saveur salée ; *Nodosaria*, Ostracodes, dents de Poissons .... 10 m
4. — Kakhule finement cristallisé, coupé de minces lits de silex brun et d'un banc de calcaire silicifié gris-vert, fétide ; Radiolaires.................................. 5 m

1. La coupe a été mesurée dans le synclinal d'Edh Dhira, entre O. Kerak et O. Ibn Hammad, en direction S 240° W, à partir du sommet du calcaire de Judée, en x = 205 600 ; y = 077 500.

5. — Alternances de silex bruns ou gris-vert, en bancs de 30 à 50 cm, avec des marnes dolomitiques compactes, d'un brun rosé, et des calcaires kakhulé, en bancs de 10 à 50 cm, les silex atteignant une proportion de plus de 50 % ; occasionnels niveaux à *phacoïdes* de dolomie fétide ; abondants nodules phosphatiques dans les marnes ; faune dans l'ensemble assez pauvre, à Globigérines, Gumbelines, spicules d'Éponges, dents de Poissons, radioles d'Oursins et, dans les silex des niveaux supérieurs : *Zaria reyi* Lart., *Z. seelzeni* Lart. .... 53 m

6. — Alternances de fins lits de silex brun, friable, de dolomies fétides, gris sombre et de calcaires phosphatiques à faune campanienne, abondante dans la moitié inférieure de cette unité : *Hamulus ingeni* Avnimelech, *Indogrammatodon paralellus* Conrad, *Protocardia silicea* Blk., *Pycnodonta vesicularis* Lmk., *Lucina blanckenhorni* Chavan, *Callistina judaïca* Picard, *Mesosacella larteti* Chavan, *Zaria reyi* Lartet, *Z. seelzeni* Lartet, *Baculites palestiniensis* Picard, et dans la partie supérieure, *Variocorbula vokesi* Chavan. .... 29 m

7. — Alternances de silex massif et de calcaires dolomitiques, fétides, coupés de fines strates de kakhule, à dents de Poissons .... 24 m

8. — Alternances de bancs réguliers de silex dolomitiques et de kakhule ; lumachelles de fossiles indéterminables.. 16 m

9. — Alternances de silex massifs, localement bréchiques et phosphatiques, et de calcaires dolomitiques fétides ; faune pauvre, à dents de Poissons, lumachelles de petits Gastéropodes et Lamellibranches.................................. 15 m

10. — Alternances de minces bancs de silex à grains phosphatiques (pseudo-oolitiques), de kakhule et de niveaux à *phacoïdes* de dolomies fétides, gris sombre ; fins niveaux de gypse fibreux dans la partie supérieure ; dents de Poissons................. 14 m

Marnes crayeuses de Ghareb (116 m), en concordance sur la formation de Qatrane :

11. — Marne crayeuse phosphatique tendre, blanchâtre, à odeur fétide, texture pseudo-oolitique due à des grains de phosphate ; riche en débris de Poissons........... 6 m

12. — Calcaire marneux tendre, brun à olivâtre, azoïque, interstratifié de lits de marne. . 4 m

13. — Marne argileuse, gris-brun foncé, localement bitumineuse à la base ; passe vers le milieu à des shales ; fins niveaux de gypse fibreux ; les couches supérieures sont sillonnées de diaclases perpendiculaires au plan de stratification et cimentées de calcite ; microfaune à partir de 20 m de la base : *Globotruncana arca* Cushman, *G. stuarti* de Lapparent, *Alabamina* sp., *Gyroidina depressa* Alt., *Discorbis* cf. *correcta* Carsey, *Gumbelina elegans* Rzehak, *Siphogenerinoides* sp., *Pseudovalvulineria* sp. ; *Nodosaria* sp., *Bulimina* sp., *Cibicides* sp., *Radiolaires*.......... 90 m

14. — Falaise de calcaire crayeux, gris blanchâtre et jaune, à Globigérines et Gumbelines. 16 m

Au-dessus viennent des shales gypseux paléocènes (voir p. 160).

E) *Coupes dans la partie orientale du plateau.*

Sur le rebord du plateau il est rare de trouver une coupe complète du Crétacé supérieur, les couches supérieures ayant été érodées. A l'intérieur, où elles ont été conservées sous de l'Éocène, c'est la base qui manque ; l'absence de niveaux repères s'oppose à la possibilité de raccorder des fragments de coupe sur de grandes distances. Cependant les anticlinaux de Fuluq (20 km à l'E d'Azraq), Suwan et O. Hasa exposent des successions complètes, bien que moins puissantes. Celles-ci ont été mesurées par Nasr (1946) (fig. 20).

A *Fuluq*, de bas ou haut :

1. — *Calcaires à silex de Qatrane*, 7,3 m : alternances de craies phosphatiques, de calcaires et de lits de silex, à *Globigerina* sp. et *Siphogeneroides* sp.
2. — *Marnes crayeuses de Ghareb*, 35 m, avec rares niveaux siliceux et calcaires, à *Globigerinae lacera* EHRENBERG, *Gumbelina elegans* RZEHAK, *Globotruncana arca* CUSHMAN, *Ventilabrella eggeri* CUSHMAN, *Libycoceras chargense* BLANCKENHORN, *Baculites vertebralis* LMK.

Au-dessus vient un calcaire concrétionné, riche en Foraminifères, en apparence éocène inférieur.

A *Suwan*, le sommet du calcaire de Judée est marneux et gypsifère ; des niveaux à glauconie le séparent des couches à silex de Qatrane ; la craie de Ghareb est absente dans cette coupe et l'Éocène repose en discordance sur la formation de Qatrane.

A *Hasa*, les calcaires à silex de Qatrane reposent en discordance sur du Turonien, par l'intermédiaire de quelques mètres de grès. Ils sont azoïques, sauf à la base, où ils contiennent *Ostrea villei* COQUAND. Le Maëstrichtien devient riche en microfossiles dans les 8 m du haut, mais les Foraminifères sont mal conservés et indéterminables.

A *Arfa* (fig. 6), les calcaires à silex de Qatrane, y compris les lits de silex, sont légèrement gréseux à tous les niveaux. La succession, puissante de 33 m, s'arrête avec la surface topographique du terrain ; elle est incomplète.

A *Tubeiq* les calcaires à silex reposent directement sur les grès de Hathira.

III. — CONCLUSIONS ET CORRÉLATIONS.

Comme pour le calcaire de Judée, on constate une diminution régionale de puissance de la formation de Qatrane, de l'WNW vers l'ESE (fig. 20 et 25).

Au N d'Edh Dhira, le rebord du plateau ne nous a donné que des coupes fragmentaires, bien que BLANCKENHORN (1912, p. 191), estime à 350 m l'épaisseur du Crétacé supérieur dans l'O. Mojib ; une puissance du même ordre de grandeur avait été reconnue par BLAKE (1939) à Zarqa Ma'in.

Le sommet du calcaire coquillier de Judée constitue une nette coupure lithologique, au-dessus de laquelle vient du *kakhule* massif, sans silex (niveau 1 de nos coupes). Celui-ci passe graduellement à des shales alternant avec du *Kakhule* et de fins lits de silex ; puis viennent des bancs de silex plus épais, alternant avec du kakhule, des dolomies, des calcaires phosphatiques à *phacoïdes*.

Les silex crétacés supérieurs sont bruns, parfois noirs, à cassure esquilleuse brillante, un peu translucides ; ils diffèrent des silex sans éclat, gris jaunâtre, à texture zonée du Turonien.

Les *phacoïdes* déforment les strates qui les entourent ; il semble qu'ils se sont formés secondairement, par concrétionnement, après la sédimentation. On les trouve dissé-

minés á plusieurs niveaux et presque toujours en relation avec des marnes bitumineuses.

Les marnes et craies sont souvent finement poreuses et de faible densité (rappelant les *schistes cartons*) avec la coloration caractéristique brun rosé du faciès d'altération des couches bitumineuses, consécutive au lessivage du bitume.

La succession crétacée supérieure d'Edh Dhira ne contient guère que deux niveaux dont les faunes puissent être datées : le niveau 6, campanien, situé à prés de 100 m au-dessus de la base de la coupe et le niveau 13, maëstrichtien. La répartition des faunes est donnée dans le tableau fig. 22. A Irbid, par contre, une faune campanienne apparaît dès la base de la coupe et le fossile maëstrichtien *Leda perdita* apparaît déjà dans le niveau 3, à quelque 60 m au-dessus de la base.

Le calcaire crayeux à silex de Qatrane est l'équivalent stratigraphique de la *craie de Meliha* et des couches à *silex de Mishasn* décrites par Shaw (1947) en Palestine. Ils différent de ces derniers par un faciès dans l'ensemble plus calcaire et plus phosphatique, ainsi que par une couleur d'altération plus jaunâtre. Il semble que ce léger changement de faciès va de pair avec la présence de récifs à *Ostrea villei* Coq. et indique la proximité du rivage. Ces différences rendent difficile toute corrélation de détail.

Les couches crayeuses pouvant facilement se distinguer des calcaires á silex sous-jacents, nous avons convenu de les grouper dans une formation à part ; son équivalent a été décrit en Palestine sous le nom de *marnes crayeuses de Ghareb* (Shaw, 1947, p. 29-30, d'aprés les données de Glynn Jones, 1941).

Les couches phosphatiques à silex forment une ceinture qui s'étend depuis la Syrie jusqu'en Égypte, en passant par la Transjordanie.

En Israël, Reiss a commencé par distinguer au-dessus du Turonien un Santonien-Campanien (incluant la formation à bancs de silex et á phosphates), un Maestrichtien et un Danien-Paléocéne (1952 *a*). Puis il précise que le Santonien serait caractérisé à la fois par *Globotruncana concavata* (Brotzen) (= *G. ventricosa* Reiss 1952 *a*, *non* White) et *Texanites* sp. Le Maëstrichtien supérieur serait caractérisé par *Bolivinoïdes petersoni* Brotzen. — Les couches á Globigérines, discordantes dessus, seraient daniennes, puis les couches à Globigérines et *Truncorotalia* paléocènes (1954).

Bentor (1953) s'est préoccupé de la répartition des couches crayeuses, des bancs siliceux et des phosphates du haut du Crétacé. Dans le Néguev israélien il distingue trois types de succession : 1) une succession de fond synclinal comprenant du Santonien crayeux, du Campanien á alternances répétées de silex avec des craies et phosphates, et du Maëstrichtien marno-gypseux ; 2) un faciès caractérisant les flancs anticlinaux, à Santonien d'épaisseur réduite, crayeux et sableux, á Campanien dans lequel le silex prédomine sur les phosphates, et à Maestrichtien trés réduit en épaisseur ; 3) un faciès anticlinal dans lequel les couches à silex, dépourvues de phosphates, reposent en discordance sur du Turonien et sont surmontées, en discordance, par de l'Éocène moyen.

Les courbes isopaques du Crétacé supérieur (fig. 25-2) font ressortir l'existence d'une grande plate-forme, à milieu peu profond, couvrant presque toute la Transjordanie ; elles montrent que le sillon, déjà ébauché au Turonien sur l'emplacement actuel de la mer Morte, va en s'accentuant.

L'ÉOCÈNE

Marne de Taqiye [1] (Paléocène).
— *Craies siliceuses de Sar'a* [2] (Éocène inférieur et moyen).
— *Calcaire à Nummulites de Ma'an* [3] (Éocène moyen).
— *Craie de Dhahkiye* [4] (Éocène supérieur).

1. — Historique.

La première découverte de l'Éocène en Transjordanie remonte à Lartet (1869) ; des calcaires blancs, parfois bruns, à grandes et petites Nummulites (*N. lyelli* d'Archiac et Haime et *N. lucasana* Defr.) ont été reconnus par lui dans l'O. Gharandal, tributaire de l'O. Araba, sur le parallèle de Naqb Ishtar.

Blanckenhorn (1907, p. 51), puis Kober (1919), ont décrit des calcaires à Nummulites dans la région de Ma'an.

C'est Blake (1939) qui le premier a attiré l'attention sur l'étendue et le rôle morphologique important des couches à silex éocènes du plateau transjordanien. D'après lui, l'Éocène ne s'étendrait pas au S, au-delà du J. Tubeiq.

Dans le fossé, Wellings et Daniel (cités par Blake, 1939, p. 91) ont observé, en 1935, des craies à silex entre du Crétacé supérieur et des conglomérats néogènes, sur la bordure orientale du synclinal d'Edh Dhira. Henson en situe la microfaune dans l'Éocène moyen et souligne la différence de caractère entre cet affleurement crayeux, exempt de Nummulites, et celui de Ma'an à *Nummulites fraasi* de la Harpe et *Assilina minima* de la Harpe, éocène inférieur (Blake, 1939, p. 91 et 95).

1. Nom proposé par R. V. Browne (1942), d'après la coupe de *J. Abou Taqiye* (Palestine) (x = 152 ; y = 980). La marne de Taqiye est synonyme de *Nebi Musa Marls* de Picard (1931 *a*), de *Danian* ou *Mottled zone* de Picard (1931) et Picard et Solomonica (1936) ; de « group F » de Henson (Blake, 1935), p. 28-43 enfin d'*Esna shale* d'Égypte (Shaw, 1947).

2. D'après la localité de *Sar'a*, à 20 km à l'W de Jérusalem. Le terme est synonyme de *calcaires à silex* de Picard (1931 *b*, p. 188) ; de « group G » de Henson (Blake, 1935, p. 28-43).

3. Coupe type dans la région de Ma'an, sous le point coté n° 196 du J. Samna (x = 910 100 ; y = 953 900), mesurée par Nasr (1947). Le terme est synonyme de *Calcaire de Abda* de R. V. Browne (1942) (d'après les ruines d'Abda, Palestine x = 130 ; y = 025), de *Nummulitic Limestone* of *Mishrafa* et de *massive limestone* of *Nablus* de Blake (1936).

4. Coupe type à l'W de Dhahkiye (NE du plateau transjordanien, en x = 351 ; y = 111), mesurée par Nasr (1948).

II. — Descriptions locales.

Les dépôts éocènes occupent les parties septentrionales et orientales du plateau restées en retrait des zones entamées par le réseau hydrographique du fossé. Quelques témoins subsistent également dans des compartiments affaissés en bordure du fossé (fig. 6).

Nos observations se sont limitées au synclinal d'Edh Dhira ; elles ont été complétées par celles faites sur le plateau par Nasr, Morton, André et Medaisko (1947-1948).

A. — *Paléocène et Éocène du fossé et de la bordure occidentale du plateau (du N au S).*

Coupe à *O. Taiyiba* [1].

A 20 km à l'W d'Irbid, l'*O. Taiyiba* entame les formations récentes, mais sans atteindre la base de l'Éocène. La partie visible des couches comprend, de bas en haut :

1. — Calcaires crayeux blancs, 48 m, à fins lits de silex, à faune éocène inférieure (e 1) : *Globigerina* spp., *Cibicides* cf. *rigidus* Brady et Schwager, *Scalaria* cf. *calamistrata*, *Cristellaria* sp., *Nodosaria* sp [2].
2. — Calcaire crayeux blanc (76 m) contenant, au sommet, des grains de glauconie ; faune éocène moyenne (e 2) à *Bulimina jacksonensis* (Cushmann), *Hantkenina dumblei* [2].

Le niveau 2 est tronqué par une discordance au-dessus de laquelle vient de l'Oligocène marin (v. p. 167).

Coupe à *Irbid* [3], de bas en haut (fig. 20) :

Marne de Taqiye; 47 m.

D 18-D 19 :

1. — Calcaires bitumineux à *Cibicides* sp. .... 8 m
2. — Marnes gris bleu, à nodules de limonite pétries de microfaune : *Ammodiscus* sp. : *Globorotalia angulata* White ; *Globorotalia spinulosa* Cushman var. A, *Vaginulina* sp. ; *Pullenia* sp. ; *Gaudryina* sp. .... 39 m

Calcaires crayeux et craies à silex de Sar'a, 220 m :

3. — Calcaires crayeux blanchâtres, durs, interstratifiés de marne crayeuse, tendre, blanc rosé à *Globigerina* sp., *G. triloculinoides* Plummer, *Globorotalia* sp., *Anomalina dorri* Cole, *Dorothia* sp., *Gaudryina* sp., *Cristellaria* sp. .... 55 m

1. Mesurée par Nasr et Medaisko (1947) sur la face N d'une falaise située à 2,5 km à l'E du village de Waqqas (feuille de Nazareth au 100 000e, x = 209 300 ; y = 216 200).
2. Déterminations inédites de Rabanit.
3. Suite à la coupe du Crétacé supérieur, 3-6 km à l'W d'Irbid (x = 212 400 ; y = 228 000) (v. p. 154).

4. — Craie massive, tendre, blanc rosé, à saveur salée ; rognons de silex bruns dans la moitié supérieure ; *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp., *Nodosoria* sp., *Cristellaria* sp., *Eponides* sp., *Cibicides* sp., *Gumbelina* sp., *Uvigerina pignea* d'Orb .... 127 m
5. — Calcaires crayeux blancs, parfois jaunâtres, en gros bancs ; fins lits et rognons de silex brun, même faune que ci-dessus.. 38 m

Dessus repose une coulée de *diabase*, épaisse de 6 m.

Synclinal d'Edh Dhira.

L'affleurement étudié par Wellings et Daniel sur la piste de Kerak, à 1 km à l'E du village d'*Edh Dhira*, se trouve en pleine flexure ; les couches sont renversées et laminées ; en suivant la flexure vers le NE, on voit apparaître au fur et à mesure qu'elle s'atténue, des couches de plus en plus anciennes de l'Éocène (fig. 4, p. 103).

Nous en avons levé la coupe, entre le Crétacé supérieur et le Néogène de bas en haut :

Marne de Taqiye (52 m).

1. — Marne argileuse, gypsifère, en alternances brun olivâtre et gris-bleu ; concrétions noirâtres de sulfate de fer et veines de gypse fibreux ; *Globigerina pseudobulloides* Plummer, *G. triloculinoides* Plummer, *Anomalina dorri* Cole, *Cibicides succedens* Brotzen (1948), *Quadrimorphina* sp., *Gyroidina* sp., *Gaudryina* sp., *Nuttalides* sp., *Globorotalia angulata* White, Radiolaires..... 27,5 m
2. — Banc de calcaire crayeux, jaunâtre à Globigérines et *Globorotalia angulata* White, *Nodosaria* sp... 2,5 m
3. — Marne argileuse, gypseuse, comme ci-dessus, à *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Anomalina dorri* Cole, *Globorotalia* sp., *Chilostomelloides* sp.......... 22 m

Calcaires crayeux à silex de Sar'a, 247 m.

D 19-D 20 :

4. — Calcaire crayeux blanc, finement lité, localement papyracé ; silex noir en rognons dans la partie inférieure et en fins lits dans la partie supérieure ; *Globorotalia* sp., *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Gumbelina* sp. (petites), *Nodosoria* sp., *Cristellaria* sp., *Vaginulina* sp.................................... 21 m
5. — Calcaire crayeux blanc, sans silex à Globigérines et Radiolaires............... 42 m
6. — Calcaire crayeux blanc et rosé, parfois jaunâtre ; fins lits de silex d'un blanc éclatant, disposés en faisceaux dans la moitié inférieure ; *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp., *Cristellaria* sp. ; *Bulimina* sp., *Bulimina jacksonensis* Cushman, *Uvigerina pigmea* d'Orb., *Nodosaria* sp., *Eponides* sp., *Cibicides* cf. *rigidus* Brady et Schwager, *Vaginulina* sp., Ostracodes................... 64 m
7. — Calcaires crayeux blancs, tendres, sans silex, assez mal lités ; veines de gypse fibreux disposées obliquement au plan de stratification ; veines de calcite perpendiculaires au plan des couches ; l'assise devient jaunâtre et plus dure vers le sommet ; *Globigerina triloculinoides* Plummer, *G. orbiformis* Cole, *G. bulloides* d'Orb., *G.* cf. *inflata* d'Orb., *Bulimina jacksonensis* Cushman, *Cibicides mississipiensis* var. (Cushman), *Clavulinoides cubensis* Cushman et Bermudez 1937, *Nodosaria* sp., *Vaginulina* sp., *Anomalina* sp., *Cristellaria* spp., *Globorotalia* spp., *G.* cf. *crassata* Cushman, *Pseudoglandulina* sp., *Cassidulina subglobosa* Brady, *Hantkenina* sp., *Guttulina* sp., *Pulvinullinella* sp., *Gumbelina* sp. (petites), *Uvigerina havanensis* Cushman et Brady, *U. eocaena* Gumbel.. 108 m

8. — Calcaire crayeux blanc à nodules et fins lits de silex noir, épais de 2 à 5 cm, se répétant tous les mètres ; *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp. .... 10 m
9. — Alternances de calcaire crayeux blanc et de calcaire cristallisé grossier, verdâtre, à grains de glauconie : *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp., *Uvigerina* sp., *Hantkenina* sp., *Cristellaria* sp. .... 2 m

D 20 :

Sommet de l'Éocène (x = 204.300 ; y = 076.400). — Dessus viennent des conglomérats néogènes à graviers de silex. La coupe s'arrête avec la surface topographique du terrain.

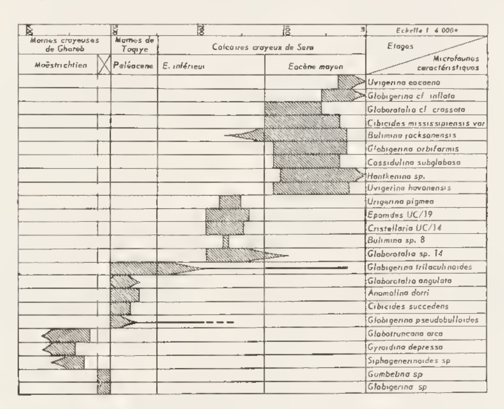


Fig. 23. — Tableau des microfaunes caractéristiques du Paléocène et de l'Éocène a Edh Dhira (suite de la fig. 22).

Coupe de *O. Gharandel* [1], dans un ravin au S de la source de même nom, de bas en haut, à partir du Crétacé supérieur :

1. — Alternances de calcaire crayeux, de marnes blanchâtres, en lits de 20 à 50 cm, et de minces lits de silex ; les marnes dominent à la base ; les calcaires s'altèrent en blocs arrondis .... 100 m
2. — Marnes grises .... 35 m
3. — Calcaires gris-beige, d'apparence cireuse, à *Nummulites gizehensis* Forskal..... 10 m (+)

1. Mesurée par Damesin et Nasr (1947).

B. — *Paléocène et Éocène de la région de Ma'an.*

Le *J. Samna*, situé à 10 km au SW de Ma'an, est un entablement de calcaires durs à Nummulites, qui est l'un des reliefs caractéristiques de la région. Sous le signal de triangulation n° 196 affleure une succession complète du Paléocène et de l'Éocène ; de bas en haut [1] :

1. — Marne olivâtre de Taqiye, 76 m, dans laquelle s'intercale, à 25 m au-dessus de la base, un banc de calcaire grenu, libérant des phacoïdes.
2. — Craie blanchâtre à silex de Sar'a, 14 m, passant vers le haut à un calcaire jaunâtre à lits de silex brun.
3. — *Calcaire à Nummulites de Ma'an* (50 m +) :
   — Calcaire cristallin, dur, en partie saccharoïde ; fins lits de silex bruns, rares niveaux crayeux vers le haut, Nummulites, dents de Poissons, débris de Plantes.......... 19 m
   — Argile plastique verte et jaune surmontée d'un fin niveau crayeux à coprolites et à empreintes végétales.......... 3,5 m
   — Calcaire compact gris blanchâtre à gris foncé, bien lité ; intercalation de marne jaune et grise dans la partie inférieure ; calcaire légèrement gréseux au sommet.......... 28 m

Sommet de la colline.

C. — *Éocène de la partie orientale du plateau.*

L'Éocène de la partie orientale du plateau repose *en discordance* sur du Crétacé supérieur ; le Paléocène et partie ou la totalité de l'Éocène inférieur manquent (v. fig. 6)

Des calcaires éocènes moyens à Nummulites (calcaire de Ma'an) occupent les régions synclinales à l'E de *Shefa* et jusqu'à *Ed Dawayin*.

Coupe de Shefa (50 km au SE d'Amman) [2].

1. — Formation de Sar'a, 70 m : alternances de craies blanches, de calcaires crayeux durs et de lits de silex bruns ; même microfaune éocène moyenne que dans les autres coupes, avec en plus : *Globigerina cretacea* CHAPMAN et d'abondantes Radiolaires.
2. — Calcaires blanc rosé, analogues à ceux de Ma'an, à *Nummulites bolcensis* OPPENHEIM, *Operculina* sp., *Rotalia viennoti* GREIG, *Globorotalia* sp.

Coupe à Dawayin [3].

1. — Calcaires blancs de Ma'an, 13 m (base invisible), durs, comprenant quelques niveaux marneux et crayeux ; grandes et petites Nummulites associées à des Échinoïdes, Lamellibranches et Gastéropodes ; *Nummulites gizehensis* FORSK.

1. Coupe mesurée par NASR (1947) en x = 216 100 ; y = 953 900.
Les matériaux ayant été détruits dans un incendie, les faunes n'ont pas été déterminées.

2. Coupe mesurée par NASR, MEDAISKO et ANDRÉ (1948) sur les pentes SW de J. Medeisisat, à 1 km du point de triangulation n° T. J. 7, coordonnées : x = 270 439, y = 114.658).

3. Coupe mesurée par NASR (1946), en x = 370 ; y = 100,1.

2. — Craies blanches à intercalations de marne jaune fossilifère ; colonies de Coraux, *Leda* sp., *Cardita libyca* ZITT., *C.* aff. *vignesnelli* OPP. non D'ARCHIAC, *Turitella* sp. .... 20 m
3. — Craies blanches azoïques à rares rognons de silex .... 26 m

Coupe de Fuluq, à 20 km à l'E d'Azraq [1].

A Fuluq, un anticlinal symétrique, orienté NW-SE, s'élève à 150 m au-dessus de la dépression d'Azraq et à 40 m seulement au-dessus de la plaine située à l'E (fig. 6).

En concordance apparente sur un noyau crétacé supérieur viennent, de bas en haut :

— Calcaires concrétionnés, suivis de marnes gypseuses versicolores à rares intercalations crayeuses et siliceuses .... 26 m
— Alternances de craies et de bancs de silex à petits Foraminifères éocènes moyens : *Globorotalia* sp., *Bulimina* sp., *Uvigerina* sp., *Cristellaria* sp., *Discorbis* sp., *Globigerina* sp., *Nodosaria* sp., Radiolaires, dents de Poissons .... 40 m
— Calcaires durs, gris et fauves, bien lités avec des bancs de silex .... 6 m

Coupe de Suwan.

Dans le dôme de Suwan, un noyau crétacé supérieur est surmonté, en concordance apparente, par des *couches de Sar'a* ; de bas en haut :

— Craies et calcaires blancs à silex, 60 m ; mêmes microfaunes éocènes inférieures que dans les autres coupes (dét. RABANIT).
— Calcaires crayeux blancs, à silex, 100 m, comme ci-dessus, avec, dans le milieu, deux assises de marne rouge ou rose, parfois gypseuse, épaisses de 10 à 15 m ; même microfaune éocène moyenne que dans les autres coupes (dét. RABANIT), avec en plus *Ostrea ramosa* MAYER.

A *Thuleithuwat* [2], des *couches de Sar'a* affleurent dans trois collines tronconiques ou buttes témoins, avec 125 m de puissance, mais la base n'est pas visible.

Le faciès est, dans l'ensemble, plus marneux, et comporte moins de lits de silex que dans les coupes précédentes, sauf sur les 22 m supérieurs.

Coupe de l'anticlinal de *Hasa* [3].

Au-dessus d'un noyau crétacé supérieur affleurent des craies et calcaires à silex de Sar'a, pétris de débris coquilliers ; même microfaune que dans leur équivalent des autres coupes, se situant dans la partie supérieure de l'Éocène inférieur (dét. RABANIT) ; puissance 92 m, mais le sommet est tronqué par la surface topographique du terrain.

Au S de *Tubeiq*, l'Éocène (50 m) repose directement sur les grès de Hathira crétacés inférieurs. La coupe n'a pas été examinée en détail.

Éocène supérieur (*s. l.*) de *Dhahkiye* [4].

1. Coupe mesurée par NASR et ANDRÉ sous le signal de triangulation F 2.
2. Coupe mesurée par NASR (1947) à travers la colline la plus orientale (x = 309 ; y = 041).
3. Coupe mesurée par NASR (1946) (x = 352 ; y = 990).
4. Coupe mesurée sur le côté W de Dhahkiye, par NASR (1948), en x = 351 ; y = 111.

A l'W de Dhahkiye (fig. 6), dans une falaise d'érosion, haute de 55 m, on observe de bas en haut :

1. — Marnes bitumineuses à *Bulimina jacksonensis* Cushman var., *Globigerina orbiformis* d'Orb., *G. bulloides* d'Orb., *Globorotalia centralis* Cushman et Bermudez, *Nodosaria hadleyi* Palmer, *Massilina* sp., *Cristellaria* spp. *Plectofrondicularia* sp. (base non visible) .... 5,5 m
2. Craie blanchâtre comportant, à la base et au sommet, un *niveau glauconieux*, à nodules phosphatiques ; microfaune pauvre, Lamellibranches (*Leda* sp.), dents de Poissons .... 14 m
3. — Craie blanche, bien litée, couronnée par une assise de marne gypseuse .... 18 m

Dessus viennent des sables néogènes.

III. — Conclusions et corrélations.

En résumant la coupe d'Edh Dhira, on distingue à la base de l'Éocène des assises de marne argileuse gris-bleu à olivâtre (niv. 1-3) reposant en concordance sur la *marne crayeuse de Ghareb*. Au-dessus viennent des calcaires crayeux contenant des groupes de minces lits de silex noirs et blancs. Ces couches sont pétries de petits Foraminifères, mais dépourvues de macrofaune (fig. 23) : les premières, paléocènes, sont équivalentes aux marnes de *Taqiye* (Palestine) ; les secondes, éocènes inférieure (127 m) et moyenne (120 m), sont équivalentes aux couches de *Sar'a* décrites par Avnimelech (1936) en Palestine (v. p. 158).

Toujours à Edh Dhira, le *passage du Crétacé au Tertiaire* (v. tableau de répartition des faunes, fig. 23) est marqué par une extinction totale de formes typiquement crétacées et par l'apparition soudaine de formes typiquement tertiaires : avec le niveau 13 (p. 155) disparaissent *Globotruncana arca* et *G. stuarti* (formes pélagiques), *Gryroidina depressa* et *Siphogeneroides* (formes benthiques) ; dans le niveau 1 (p. 160) apparaissent *Globorotalia angulata, Globigerina triloculinoides, G. pseudobulloides* (formes pélagiques) et *Cibicides succedens, Anomalina dorri* (formes benthiques). Mais il existe, entre les deux niveaux précédents, une zone intermédiaire contenant exclusivement des Globigérines et Gumbelines de petite taille (niv. 14, p. 155). Cette zone, puissante de 16 m, apparait comme une zone de passage entre le Crétacé et le Tertiaire et pourrait correspondre au Danien ; sa limite supérieure est marquée par une nette coupure lithologique au-dessus de laquelle se développe le Paléocène bien daté.

Dans le haut de l'Éocène inférieur se trouve l'association, commune dans le Moyen-Orient, d'*Uvigerina pigmæa* d'Orb., *Eponides* sp., *Cristellaria* sp., *Bulimina* sp., *Globorotalia* sp. Le niveau à glauconie (9) indique une tendance à l'émersion : l'Éocène plus élevé manquerait.

L'assise marneuse de base (*marne de Taqiye*) est bien représentée dans les affleurements situés le long du fossé (niv. 1-2 à Irbid, base du niveau 1 à O. Gharandel) et

à Ma'an (niv. 1). Elle est absente dans la partie orientale du plateau, où à la limite Crétacé/Éocène correspond une lacune (fig. 20).

A Irbid, il n'y a que le calcaire bitumineux de base (niv. 1) qui soit franchement paléocène ; la marne sus-jacente (niv. 2) contient une faune mélangée avec *Globorotalia spinulosa* var. Cushman, qui serait en partie éocène inférieure.

Il semble donc que le toit de la *marne de Taqiye* change légèrement de niveau suivant les lieux.

Le caractère lithologique du *calcaire crayeux à silex de Sar'a* varie peu ; des différences locales portent sur la richesse en bancs de silex et en niveaux marneux.

D'après la faune, l'Éocène moyen manque à Irbid ; à Hasa, la craie siliceuse, pétrie de débris coquilliers de plage, se situe dans la partie supérieure de l'Éocène inférieur ; à Shefa et à Fuluq, l'Éocène inférieur manque entièrement et l'Éocène moyen de Fuluq débute par un faciès moins profond que celui de Shefa.

Il ressort que la partie orientale du plateau, dans la région de Fuluq-Shefa, est restée émergée depuis le Crétacé jusqu'à l'Éocène moyen. Celui-ci semble correspondre à un stade d'extension maximum de la transgression éocène, plutôt qu'à une transgression particulière.

Ainsi, c'est seulement dans le fossé que la sédimentation semble avoir été continue du Crétacé au Tertiaire.

Le faciès *calcaire à Nummulites de Ma'an* a été reconnu seulement à Ma'an, O. Gharandel et Shefa. La faune à *Nummulites gizehensis* Forskal la situe dans l'Éocène moyen, mais il n'est pas exclu que la base à petites Nummulites, soit encore éocène inférieure.

Se basant sur la présence de *Globorotalia centralis* et sur l'absence totale de formes spinifères de Globorotalidés et de Globigérinidés, Rabanit situe la faune des marnes bitumineuses de *Dhahkiye* (niv. I, p. 161) dans l'Éocène supérieur; d'après lui, un âge oligocène des craies sus-jacentes ne serait pas exclu.

La dépression de Dhahkiye étant la seule localité où de l'Éocène supérieur a été reconnu, il est raisonnable de penser que celui-ci est en relation avec le sillon de *O. Sirhan* dans lequel subsiste de l'Oligocène marin (v. p. 166).

La stratigraphie de l'Éocène de la Transjordanie est très comparable à celle de la Palestine, déjà bien connue. Hull (1886) a admis une sédimentation continue du Crétacé au Tertiaire ; Blanckenhorn (1911 *a*) a observé que l'Éocène repose tantôt en concordance, tantôt en discordance sur le Crétacé ; Krenkel (1924) voit une phase de plissement entre le Crétacé et l'Éocène.

Avnimelech (1936) englobe dans ses *couches de Sar'a* un niveau de base, peu épais de marnes jaunes et grises, que les géologues de la Petroleum Development (Palestine) ont séparé sous le nom de *marne de Taqiye* (v. p. 158) et situent dans le Paléocène (Shaw, 1947, p. 30-37). Il mentionne également (p. 70) dans la partie supérieure

des craies à silex de Sar'a, la présence de quelques lits et lentilles de calcaire à Nummulites. Ceux-ci ont été reconnus par BLAKE (1936) dans plusieurs localités sous le nom de *Nummulitic limestone f* de *Mishrafa* et de *massive limestone of Nablus*, puis par BROWNE (1942, inédit) sous le nom de *calcaire de Abda* [1], d'après la localité où ils sont particulièrement bien développés.

Les relations entre les calcaires à Nummulites de Palestine et ceux de Transjordanie n'étant pas bien établies, nous préférons donner à ce faciès à Nummulites un nom transjordanien : *calcaire à Nummulites de Ma'an*. Il semble en effet que le faciès à Nummulites ne constitue pas un niveau déterminé ; il se répartit en lentilles à des niveaux variés suivant les localités, depuis le sommet de l'Éocène inférieur jusqu'à la fin de l'Éocène moyen. C'est un faciès côtier.

PICARD (1943 *a*, p. 36-41) a montré que la distribution de l'Éocène au Levant est liée à des mouvements épéirogéniques qui se sont manifestés par des bombements méridiens, séparés par des golfes ; d'après lui, tantôt l'Éocène supérieur repose en discordance sur l'Éocène moyen, tantôt il y a continuité de sédimentation entre les deux étages.

Le nombre de coupes est insuffisant pour en déduire une représentation paléogéographique valable de l'Éocène ; il nous permet cependant de noter l'existence, à l'Éocène inférieur, d'une zone haute sur le parallèle de Shefa-Dhakhiye et d'un golfe sur celui de Hasa.

TABLEAU DES PUISSANCES DE L'ÉOCÈNE.

LOCALITÉS	MARNE DE TAQIYE PALÉOCÈNE	CRAIE A SILEX DE SAR'A ET CALCAIRE DE MA'AN (= X)		
		Éocène inférieur	Éocène moyen	Éocène supérieur
O. Taiyiba......	non visible	48 m (+)	76 m (+)	absent
Irbid	47 m	220 m	absent	—
Edh Dhira......	52 m	127 m	120 m (+)	—
O. Gharandel ...	135 m		X 10 m (+)	—
Ma'an..........	76 m	14 m	X 50 m (+)	—
Shefa	lacune	lacune	70 m et X 10 m	—
Fuluq	lacune	lacune	72 m	—
Suwan	lacune	60 m	100 m	—
Thuleithuwat ..	non visible	125 m		—
Hasa	lacune	92 m	absent	—
Dhahkiye	lacune	(Dawayin	?	37 m

L'OLIGOCÈNE MARIN

Des puits d'eau forés près de Burqa (fig. 6), pour la station de pompage H 4 du pipe-line de l'Iraq Petroleum Company, ont rencontré des calcaires à Bryozoaires et à Operculines. Ces calcaires sont analogues à ceux qui affleurent dans l'*O. Sirhan*

1. Coupe type aux ruines d'Abda (Palestine south sheet : x = 130 ; y = 025).

(fig. 2), en Arabie Séoudite, où ils ont livré des Échinoïdes oligocènes (information inédite des géologues de l'Arabian American Oil Company).

L'Oligocène marin n'était connu nulle part ailleurs en Transjordanie.

Les recherches de NASR et MEDAISKO ont permis de découvrir un nouvel affleurement oligocène marin à 20 km à l'W d'Irbid, dans l'*O. Taiyiba*, en bordure du fossé du Jourdain ; en discordance sur de l'Éocène moyen (suite de la coupe p. 159) viennent des marnes fossilifères qui sont couronnées par une falaise calcaire à Bryozoaires ; de bas en haut :

— Marne glauconieuse, devenant sableuse au sommet, à Échinoïdes, Huîtres, *Chlamys judaica* Cox, et dents de Poissons .... 8,5 m
— Marne jaune verdâtre à nodules de limonite .... 11 m
Falaise de calcaire massif blanc jaunâtre, dur, à glauconie, *Textularia* sp., *Uvigerina* sp., *Operculina* sp., Bryozoaires, Huîtres, Pectens .... 21 m
— Sables néogènes.

Se basant sur la présence de *Chlamys* (*Aequipecten*) *judaica* Cox [1] et sur l'absence totale de la riche population de microfaunes caractéristiques de l'Éocène, RABANIT situe les *couches de Taiyiba* dans l'Oligocène.

En Palestine des marnes et calcaires à Lépidocyclines ont été reconnus par BLAKE (1928) dans la région de Beit Jibrin et près de Ramle [2] ; l'âge oligocène de ces couches ne fut confirmé qu'en 1934, par Cox. AVNIMELECH (1936, p. 92) décrit l'Oligocène comme correspondant à des dépôts de rivages d'une transgression stampienne consécutive à une régression importante de la mer éocène, analogue à celle de l'Éocène supérieur d'Égypte ; d'après lui (p. 125), la ligne de rivage était située parallèlement à la côte actuelle et à une distance de 20 km à l'E de celle-ci.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous est difficile d'établir les relations exactes de l'Oligocène marin du fossé avec celui de la région côtière palestinienne d'une part, et avec celui de Burqa d'autre part. Cependant une hypothèse qui s'impose à l'esprit est celle d'une ingression de la mer oligocène par le sillon de Haïfa, de direction érythréenne NW-SE, qui a dû commencer à se dessiner à cette époque [3].

LE NÉOGÈNE

Série clastique d'Usdum [4].

I. — HISTORIQUE.

LARTET (1869) a signalé des *argiles gypsifères et salifères* dans la région de la mer Morte. BLANCKENHORN (1912-1914) a observé, dans l'O. Araba, *des marnes bigarrées*

1. Forme rencontrée dans l'Oligocène de Palestine (Cox, 1934) et de Turquie (DOUGLAS, inédit).
2. Beit Jibrin series et Zeita-Qubeibeh facies de PICARD (1943) et Group D1 de HENSON (1938).
3. Il était généralement admis que ce sillon a commencé à se former au Miocène pour atteindre son développement maximum au Pliocène (AVNIMELECH, 1936, p. 125).
4. Le J. Usdum est une colline bien connue, située entre la rive S de la mer Morte et le versant occidental du fossé (v. fig. 3).

à gypse et conglomérats (*d'El Tlah*) et, dans la région de Tibériade, des sédiments analogues avec, en plus, une intercalation calcaire lacustre à *Hydrobia fraasi*, qu'il situait dans le Pliocène (p. 36).

Wyllie (1931, p. 368) a décrit la *série clastique de J. Usdum*, au S de la mer Morte : une succession de sables rougeâtres, gris et jaunes contenant quelques lentilles de graviers de silex ; des intercalations d'argile schisteuse, au sommet, ont livré des restes de Poissons d'eau douce et de Plantes ; un noyau de sel, à la base, y est considéré comme intrusif.

Blake (1928) donne quelques coupes de cette série sur le versant SW de la mer Morte et signale (1939) que la *série d'Usdum* reconnue par Wyllie se répète, le noyau salifère en moins, sur le versant oriental du fossé, dans le synclinal d'Edh Dhira.

A 30 km au N de la mer Morte, à *Grain Sabt*, une coupe des dépôts clastiques a été relevée par Damesin dans un dôme à noyau basaltique ; (coupe reproduite par Blake, 1939, p. 96-97) ; de bas en haut :

Série C (410 m). Grès rouges, graviers de silex et de calcaires éocènes bien roulés, puis marnes gypsifères de couleurs vives, rouges ou brunes, parfois bleues, succession se répétant d'une façon rythmique dans le même ordre.

Série B (180 m). En discordance sur la série C, des marnes crayeuses, de couleurs vives, rouges, vertes et bleues, à fins niveaux de gypse, auxquelles font suite des sables et des graviers de silex et de calcaire éocène, à l'exclusion d'éléments basaltiques.

Série A (50 m). En discordance angulaire, un conglomérat à *éléments basaltiques*, puis des marnes blanches et grises alternant avec de fins lits de gypse.

Damesin établit la corrélation de la *Série A* avec la *marne de Lisan* quaternaire de Lartet (v. p. 171) et de la *Série B* avec un calcaire lacustre pliocène supérieur à *Melanopsis*, reconnu par lui à Qarn el Hammar [1] (Blake, 1939), ainsi qu'avec le calcaire lacustre à *Hydrobia fraasi* de Blanckenhorn (1914).

II. — Descriptions locales.

A. — *Néogène du fossé.*

La coupe oligocène de O. Taiyiba (v. fig. 6 et p. 167) se poursuit par des sables et des grès fossilifères, couronnés par une falaise de calcaire gréseux à Huîtres ; au-dessus suivent des conglomérats ; de bas en haut (fig. 24) :

1. — Sables et grès calcareux fins, blancs et jaunâtres, durs, à *Huîtres*, auxquelles s'associent des Alvéolines, Nummulites et Milioles remaniées ; quelques galets de calcaire éocène à la base .... 38 m
2. — Calcaire gréseux blanc et rose, dur, à *Huîtres* et *Ostracodes* .... 11 m

1. Qarn el Hammar est une petite structure, orientée E-W en travers du fossé, à mi-chemin entre Grain Sabt et Tibériade. Au Néogène elle formait la ligne de partage entre le bassin de la mer Morte (*s. l.*) et celui du lac de Tibériade (*s. l.*).

3. — Marne rosée à fin gravier de calcaire éocène .... 14 m
4. Graviers et conglomerats, en partie marneux, rouge brique ou roses, à éléments de silex et de calcaire éocène : microfaunes remaniées et glauconie ; banc de calcaire sableux à faciès d'eau douce, épais de 1 à 2 m, au milieu de l'assise.. 89 m

Dans le Synclinal d'Edh Dhira, la craie éocène est surmontée par une série clastique discordante ; de bas en haut (suite de la coupe pp. 160-161, fig. 24 ; v. aussi fig. 8) :

D 20 :

1. Conglomérat à éléments de silex et de calcaire éocène dans une pâte crayeuse et sableuse .... 1,5 m
2. Calcaire gréseux rose, en partie microbréchique, riche en glauconie ; rares galets siliceux, microfaune indéterminable .... 3,8 m
3. Banc de conglomérat bien lité .... 3,8 m

D 21 :

4. — Argiles marneuses, finement sableuses, roses, jaunes et grises, avec lentilles et bancs massifs de grès et de graviers à éléments de silex et de calcaire........ 104 m

D 22 :

5. Banc massif de conglomérat, 12 m, surmonté de marnes sableuses grises, vertes et roses, alternant avec des lentilles de grès et de graviers à silex .... 78 m

Dessus [1] viennent des marnes et gypses quaternaires *emboîtés* dans la série clastique. Cette série a été affectée par le jeu de la flexure du bord du fossé (v. fig. 4).

B. — *Néogène de la dépression d'Azraq.*

Au-dessus du Nummulitique de Dhahkiye (p. 164) reposent en discordance, des dépôts marins ou saumâtres et terrigènes ; de bas en haut :

1. Marnes sableuses brun chocolat, à *Rabdamina*, alternant avec des sables blanchâtres ; gypse fibreux à la base .... 9 m
2. Conglomérat grossier à lentilles sableuses .... 3 m
3. Lumachelle de *Cardium* de petite taille, à ciment calcaire .... 2 m
4. Conglomérat grossier à galets ovoïdes de silex .... 4 m
5. Sable jaunâtre, alternant avec des marnes bleu verdâtre à fines strates de calcaire gréseux d'eau douce .... 10 m
6. — Basalte fissuré .... 10 m
7. — Sables et grès chamois, à intercalations calcaires gréseuses d'eau douce .... 40 m
8. — Calcaire d'eau douce à petits Lamellibranches et Gastéropodes .... 5 m
9. — Sable chamois .... 15 m

Dessus vient du basalte quaternaire, à augite et labradorite.

1. Sommet de la coupe, en x = 204 500 ; y = 072 500 (fig. 8).

III. Conclusions.

Les auteurs attribuaient à l'ensemble de ces dépôts une origine fluvio-lacustre. Nos observations semblent indiquer qu'une partie au moins de ces sédiments s'est déposée en milieu marin ou saumâtre.

L'assise inférieure à Huîtres de O. Taiyiba (niv. 1-2, p. 168) est indubitablement marine ; la microfaune étant remaniée, la seule indication d'âge resulte de sa position stratigraphique sur de l'Oligocène bien daté.

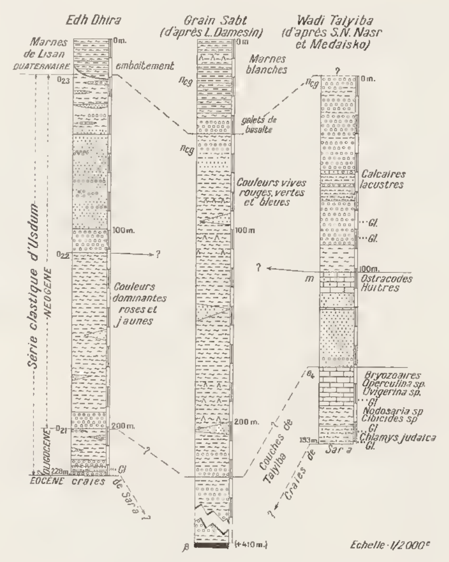


Fig. 24. — Colonnes stratigraphiques de la série clastique néogène d'Usdum a Edh Dhira, Grain Sabt et O. Taiyiba.

La présence de glauconie dans certains conglomérats de O. Taiyiba (niv. 1) et dans le calcaire microbréchique (niv. 2) d'Edh Dhira semblerait indiquer que ces couches se sont déposées en milieu marin; mais ces grains pourraient être remaniés.

La lumachelle à *Cardium* (niv. 3) d'Azraq n'indique pas nécessairement un milieu franchement marin, mais elle représente au moins un vestige d'une ancienne incursion marine.

On peut se faire de la paléogéographie du Néogène l'image suivante : à l'intérieur des terres se sont formés des bassins, dans lesquels se sont accumulés les sédiments grossiers provenant de la dénudation des reliefs nouvellement émergés ; ces dépressions intérieures se situent sur l'alignement du fossé, à l'W. et dans la région d'Azraq, à l'E ; cette dernière dépression se place dans le prolongement du graben de O. Sirhan, orienté NW-SE (fig. 6).

En Palestine, d'après Picard (1943), le rivage de la mer miocène offre un tracé sinueux de golfes liés à des directions d'effondrement, mais il s'éloigne peu du rivage actuel de la Méditerranée. On peut penser que les dépressions néogènes de Transjordanie devaient être temporairement en communication avec la mer par des sillons d'effondrement, comme à l'Oligocène.

LE QUATERNAIRE

Marnes de Lisan [1].

Graviers deltaïques.

La péninsule de Lisan (fig. 8) est un plateau légèrement bombé, s'élevant à 45 m au-dessus de la mer Morte. Elle est entièrement constituée de dépôts quaternaires : les marnes de Lisan. Lartet (1869) les décrit comme étant formés d'alternances régulières de marnes finement litées, vertes et grises, gypsifères et salifères, de niveaux ou lentilles de gypse de 5 à 10 cm et de bancs de calcaire compact, gris jaunâtre, de 0,5 à 5 cm. Ne dépassant pas 50 m de puissance au total, ces dépôts ont été reconnus aussi dans l'O. Araba, ainsi que dans le fossé du Jourdain ; ils y forment une terrasse, le *Ghor*, dans laquelle s'incisent les vallées modernes, ou *Zor*.

En bordure du fossé apparaissent des intercalations de graviers fluviatiles, noyés dans une pâte crayeuse grisâtre, dans lesquels dominent des silex, à l'exclusion de basaltes, sauf exceptions locales, à Grain Sabt (v. p. 168).

Picard (1943) subdivise le Quaternaire comme suit : graviers pléistocènes inférieurs (*Samra series*), sur lesquels reposent les *marnes de Lisan*, pléistocènes moyennes, ainsi que leur équivalent latéral, les *graviers de Samach* à *Melanopsis noetlingi*. Ces derniers s'étagent en six terrasses lacustres.

1. Mot arabe pour langue. La marne de Lisan est synonyme de Diluvium (Blanckenhorn, 1914 *a*, p. 39) ; de Diluvial (Blake, 1928, p. 24) ; de *série A* (Damesin in Blake, 1939, p. 95).

APERÇU PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Au Précambrien, le socle ancien était déjà affecté par un réseau serré de diaclases. Celui-ci a influencé, à des degrés variés, les accidents tectoniques qui se sont manifestés par la suite d'une manière récurrente.

Après la pénéplanation précambrienne et jusqu'à la transgression cénomanienne, la région constitue un paysage gréseux de topographie plutôt molle, se prêtant à des submersions récurrentes. Nos connaissances sur l'extension des étages paléozoïques sont incomplètes du fait de remaniements successifs des grès. Il semble, cependant, que la mer cambrienne ait dû recouvrir une partie de la Transjordanie.

Une incursion marine, au Trias, se traduit par le dépôt de marnes werféniennes et de calcaires du Muschelkalk. Mais la mer venant de l'W, n'envahit que le NW de la Transjordanie ; elle s'arrête sur un rivage orienté NNE-SSW. La mer se retire de cette zone littorale au Trias moyen, laissant derrière elle des lagunes dans lesquelles se dépose du gypse. Celles-ci seront bientôt comblées par des grès continentaux à Plantes, du Rhétien et du Lias.

Au Jurassique moyen, la mer revient sensiblement sur la position qu'elle occupait au Muschelkalk, bien que un peu en retrait vers l'W.

Il est remarquable que les rivages du Trias et du Jurassique soient sensiblement parallèles à la côte actuelle de la Méditerranée.

La fin du Jurassique est marquée par une phase orogénique : des grès littoraux crétacés inférieurs reposent en discordance sur une surface d'érosion recoupant les couches bathoniennes (?) et calloviennes. Les niveaux à graviers de quartz interstratifiés dans les grès indiquent la proximité de reliefs assez vigoureux. Au Liban et en Palestine cette phase orogénique s'accompagne de fractures et d'activité volcanique.

La région restera basse et sableuse jusqu'en plein Cénomanien, mais des intercalations marines à l'Albien et au (?) Cénomanien inférieur, révèlent la proximité de la mer, au NW.

Au Cénomanien moyen, la mer, qui occupait la Palestine depuis l'Aptien, gagne la Transjordanie ; elle recouvre progressivement la plus grande partie du pays, jusqu'au SE de Naqb Ishtar et dépose le calcaire de Judée. Les courbes isopaques révèlent une brusque rupture de pente du fond marin, sur une ligne coïncidant approximativement avec le bord oriental du fossé de la mer Morte : à l'E s'étend une large plateforme continentale, en pente douce vers l'W, alors que la puissance des sédiments augmente très rapidement vers la Palestine. Il semble que, déjà au Cénomanien, le bord oriental du fossé était marqué par une flexure prononcée, en marge d'un bloc palestinien en subsidence active.

Les inégalités de la sédimentation suggèrent une phase initiale de déformations anticlinales à partir du Turonien ; elles se traduisent par des hauts fonds en Pales-

tine, et par un approfondissement de la mer turonienne approximativement sur l'emplacement du fossé.

Le milieu de sédimentation des calcaires de Judée se poursuit localement jusque dans le Santonien.

La succession de marnes et calcaires crayeux à silex, crétacés supérieurs, au calcaire néritique de Judée, a une signification particulière. Il semble que les hauts-fonds qui ont commencé à se développer au Turonien ont joué le rôle de seuils ; les échanges avec la pleine mer se faisant mal, il en est résulté ce faciès particulier de sédiments phosphatiques et siliceux, riches en niveaux bitumineux.

A la suite de mouvements de soulèvement, la mer épicontinentale se retire progressivement : à la fin du Maestrichtien elle dépasse à peine le domaine du fossé de la mer Morte vers l'E, mais avec un tracé sinueux de golfes. D'après les travaux récents sur la Palestine, il semble qu'elle se confine dans des dépressions synclinales et c'est seulement dans de telles dépressions que la sédimentation marine est restée continue du Crétacé au Tertiaire.

Le passage du Crétacé au Tertiaire est marqué par une brusque disparition des *Globotruncana* et l'apparition soudaine des *Globorotalia* au-dessus d'une zone de passage ne contenant que des petites Gumbelines et Globigérines.

Au Paléocène la sédimentation marine dans les bassins restreints devient plus marneuse et exempte de silex. Un abaissement général de tout le pays entraîne sa submersion progressive ; la mer éocène apporte de nouveaux dépôts de craies phosphatiques à silex ; elle gagne peu à peu le domaine précédemment émergé, en avançant de part et d'autre d'une région haute, approximativement située sur le parallèle de Shefa-Jérusalem (fig. 6).

Cette transgression éocène atteint son maximum d'extension à l'Éocène moyen. Un faciès plus calcaire à Nummulites semble se développer à l'approche des rivages de l'Éocène moyen et vraisemblablement pas toujours au même niveau.

L'absence d'éléments détritiques grossiers autres que les lumachelles et brèches à silex, indique que les reliefs étaient peu accusés.

A la fin de l'Éocène moyen, la mer se retire sur la périphérie occidentale de la Palestine ; mais elle envahira encore temporairement des sillons et dépressions intérieures à l'Éocène supérieur (Dhahkiye), à l'Oligocène et au Miocène (région d'Irbid, O. Sirhan)

Au Néogène, les reliefs sont déjà très accusés ; les produits de leur érosion s'accumulent dans des bassins qui semblent coïncider sensiblement avec l'emplacement des dépressions intérieures actuelles ; le milieu de sédimentation marine est progressivement remplacé par un régime fluvial et lacustre.

A la fin du Pliocène un paroxysme orogénique achève l'effondrement du fossé de la mer Morte et soulève le bloc transjordanien en lui donnant un léger pendage général vers l'E.

L'absence de galets de basalte dans les conglomérats avant la fin du Pliocène témoigne que, dans la région de la mer Morte, l'activité volcanique n'y a été importante qu'à partir de cette époque.

Au Quaternaire, le fossé de la mer Morte constitue un grand lac, que l'apport des sources et une évaporation intense de la surface enrichissent en sels.

La sédimentation lacustre est représentée par des alternances de marnes et de fins niveaux de gypse.

Sur les bords s'intercalent des niveaux torrentiels.

L'étagement en terrasses des niveaux quaternaires témoigne de déplacements du niveau de base, probablement liés à des effondrements de la partie centrale du fossé.

III. — VOLCANISME

Le socle granitique d'Aqaba est sillonné de dykes basiques vert sombre ; ce sont des dolérites, dont l'épanchement est antérieur à la pénéplanation précambrienne. D'après Quennell (1951), l'examen de photographies aériennes révèle qu'ils s'érigent en trois séries parallèles, respectivement orientées N-S, E-W et NE-SW.

A un volcanisme paléozoïque pourraient se rattacher quelques rares sills : Blake (1939, p. 62) signale un dyke de syénite à augite et néphéline pénétrant les grès de Qunaya, à O. Numeira (5 km au N de O. Qunaya) et Quennell (1951) un dyke dioritique dans la même formation (Upper Quweira séries) à Quweira, près d'Aqaba. A Zarqa Ma'in un sill éruptif, épais de 1,5 m, s'intercale dans les grès de Qunaya (niv. 10, p. 25), à 40 m de leur sommet.

L'activité volcanique au Trias a laissé des témoins dans nos coupes du NE de la mer Morte et à Zarqa Ma'in ; des dykes et sills de trachyte (niv. 1 et 13, p. 124) ainsi que des shales à éléments pyroclastiques (niv. 3 et 5) à Ayun Musa ; des cinérites (niv. 21, p. 125) à O. Saiyala ; une coulée basaltique (niv. ZM 8-ZM 9, p. 123) dans le Trias deltaïque à Humrat Ma'in. Cette dernière coulée semble être en relation avec deux dykes verticaux qui traversent le plateau de Humrat Ma'in ; l'un, puissant de 2 m, de direction méridienne, coupant l'autre, orienté E 100-W 280.

A Irbid (p. 160) le calcaire crayeux éocène inférieur est couronné par une coulée de diabase, épaisse de 6 m. D'après Rabanit (inédit), qui l'a examinée en lame mince, celle-ci ne peut être confondue avec les basaltes néogènes et quaternaires, à olivine ; elle serait éocène.

C'est au Pliocène et au Quaternaire que les épanchements volcaniques prennent une extension considérable. La grande nappe de laves basaltiques du Haouran et du J. Druze, décrite par Dubertret (1929), pénètre légèrement en territoire transjordanien. Sa limite méridionale longe, sur quelque 100 km, l'O. Sirhan, orienté SE-NW, et conserve cette direction, encore sur 150 km, jusqu'à Tibériade (fig. 6).

Au S de cette ligne existent seulement quelques petites coulées basaltiques le long du fossé de la mer Morte, entre Zarqa Ma'in et Ma'an. La plus importante constitue le J. Shihan, au N de Kerak (fig. 8). Ces manifestations volcaniques ont déjà été citées par Blanckenhorn (1912 *b* et 1914 *a*). Elles sont en relation avec des venues fissurales E-W à Zarqa Ma'in, WNW-ESE à Edh Dhira et à O. Hasa.

Le dyke d'Edh Dhira a été décrit par Wyllie, Campbell et Lees (1923), puis par Blake (1939) ; c'est un dyke de dolérite à *olivine*, puissant de 20 à 30 m, orienté WNW-ESE sur 18 km, entre Edh Dhira et Kerak ; il traverse verticalement la succession crétacée [1]. A son contact, tous les niveaux sont bleutés et plus ou moins silicifiés, puis bitumineux sur une profondeur de 50 m, les niveaux argileux étant plus bitumineux que les calcaires.

Quennell (1951) signale que les petites nappes du plateau supportent localement (J. Shihan, fig. 8) des cratères associés à des basaltes vacuolaires et à des scories.

Dans le tronçon septentrional du fossé du Jourdain, à Grain Sabt (v. p. 168) et aux environs de Tibériade, apparaît un fond basaltique. L'absence d'éléments basaltiques dans les graviers des séries C et B semble situer le noyau volcanique de Grain Sabt dans le Quaternaire.

La répartition des coulées (fig. 6) indique que celles-ci sont en relation avec le développement des grands accidents : celui du fossé du Jourdain et de la mer Morte et celui de O. Sirhan.

En Palestine, Shaw (1947) a mentionné une coulée de basalte infra-crétacée dans l'anticlinal de Raman (fig. 3). Bentor (1952) la met en relation avec les épanchements de lave à la fin du Jurassique, consécutifs à l'activité magmatique qui s'est manifestée depuis le Trias et dont les témoins sont des laccolithes, des dykes et filons couches de porphyre quartzeux, au cœur de l'anticlinal de Ramau.

En l'absence de déterminations pétrographiques détaillées, nous ne sommes pas en mesure d'établir les relations entre le volcanisme de O. Raman et celui du NE de la mer Morte et de Humrat Ma'in.

Au Liban, une phase particulièrement active débute juste avant le Kimméridgien et se poursuit moins active jusque dans l'Aptien. (Dubertret, 1941-43 et 1954, p. 35). (*op. cit.*).

Conclusions.

D'origine fissurale, l'activité volcanique s'est manifestée en Transjordanie au Précambrien, au Paléozoïque, au Trias et du Néogène jusqu'à une date tardive du Quaternaire. Seules les coulées pliocènes et quaternaires couvrent aujourd'hui des surfaces considérables.

Contrairement à la Palestine et au Liban, le volcanisme jurassique n'apparaît pas en Transjordanie.

1. Niveau 4 dans notre coupe, p. 145.

IV. — DONNÉES STRUCTURALES

I. — Historique.

L'interprétation structurale du fossé de la mer Morte et des régions limitrophes remonte à von Buch (1841) et à Lartet (1869 et 1877). Suivant les auteurs elle est basée tantôt sur une tectonique cassante tantôt sur une tectonique de plissement.

Lartet (1869) explique la formation du fossé de la mer Morte par une faille unique, « gigantesque », localisée sur le bord oriental du fossé ; le versant occidental étant constitué par une série de ressauts monoclinaux. D'après lui, le bloc Sinaï-Palestine se serait déplacé vers le S par rapport au bloc transjordanien.

Blanckenhorn (1896), suivi par d'autres, voit dans le fossé de la mer Morte un *Graben* bordé de flexures et occasionnellement de failles.

D'après Krenkel (1924), la Palestine et la Transjordanie constituent deux *anticlinoriums* séparés par un sillon ayant évolué progressivement vers un graben.

B. Willis (1928-1938) interprète le fossé comme une *ramp valley*, sillon encadré par deux failles inverses. Celles-ci résulteraient du chevauchement concourant, de deux masses, de part et d'autre d'une étroite bande, sous l'effet d'un mouvement de compression dans le sens E-W. Sous la pression exercée par les deux *rampes*, cette bande se serait trouvée forcée vers le bas et finalement plissée, en partie, sous le bloc transjordanien. Ce phénomène serait allé de pair avec un bombement régional sous l'effet des composantes verticales des forces de compression.

L'idée de Lartet d'une translation horizontale du bloc Sinaï-Palestine vers le S a été reprise par Dubertret (1932) puis par Wellings (1938) : ces auteurs basaient leurs conclusions sur l'analogie de faciès des affleurements cambriens, triasiques et jurassiques situés de part et d'autre du fossé — Nahr el Zarqa et O. Hathira-Kurnub — mais décrochés de 160 km dans le sens N-S. Wellings, de plus, remarquait que les anticlinaux du côté palestinien du fossé étaient d'une amplitude moindre que leurs équivalents transjordaniens. Ainsi, la dérive du bloc palestinien était post-Jurassique d'après les données stratigraphiques, et Tertiaire d'après les données tectoniques.

Picard (1943, p. 22) distingue trois éléments tectoniques : des *plissements* anticlinaux à la fin de l'Éocène ; des gauchissements, générateurs de bombements à grand rayon de courbure, du Tertiaire au Quaternaire ; des *fractures* pendant le Tertiaire et à l'aurore du Quaternaire.

Lees (1952) pense que la vallée du Jourdain et la mer Morte représentent un fossé affaissé et que les failles bordières ne sont qu'une accentuation tardive des

flexures. Citant à l'appui le Précambrien du golfe de Suez, il avance que le substratum granitique a été *plissé* sous l'effet de la contraction de la croûte terrestre, mais que des effets de tension viennent jouer un rôle secondaire [1].

Au contraire de Lees, Schurmann (1919-53-54) semble attribuer un rôle plus important aux effets de tension et à une tectonique cassante [2].

Dans une note plus récente, Picard (1953), introduit la notion de *failles dysharmoniques* pour expliquer que les mouvements cassants du substratum sont estompés, en surface, par la couverture sédimentaire. D'après lui, des failles en croissant sont provoquées par des mouvements de torsion en relation avec des cassures profondes.

Bentor (1954), qui a levé la carte géologique détaillée de la Palestine, considère que l'élément tectonique principal est une chaîne de plis en forme de « S » avec une branche médiane de direction méridienne s'incurvant d'une part vers le NE, d'autre part vers le SW et WSW. D'après lui les tronçons NE des plis, à l'approche du fossé, s'incurveraient vers le N pour devenir parallèles à la faille bordière ; aucun des plis ne traverserait le fossé.

Quennell (1956), se basant sur des études géomorphologiques de part et d'autre de la ligne de failles bordières orientales du fossé, penche en faveur de la théorie du décrochement horizontal. Celui-ci se serait effectué en deux étapes, le long d'un système de fractures dans lequel les failles n'étaient initialement ni droites, ni arquées, ni alignées, mais délimitaient des bosses qui, se chevauchant les unes les autres, auraient provoqué des distorsions sur le bord des blocs ou au contraire, se séparant, auraient créé des vides entre des blocs. C'est le bloc transjordanien qui se serait déplacé vers le N par rapport au bloc palestinien.

Un phénomène de plissottement affecte les couches à silex de Qatrane crétacées supérieures. Lees (1928) l'explique par des forces d'expansion interne, d'origine physico-chimique, et indépendantes de la tectonique régionale. D'autres, comme Quennell (1951), y voient les premiers effets de compression tangentielle WNW-ESE qui, en s'accentuant, ont formé les voûtes anticlinales.

II. — Types d'accidents.

1. — *Grands accidents linéaires.*

A l'échelle régionale deux grands accidents linéaires attirent l'attention : le fossé du golfe d'Aqaba et de la mer Morte, rectiligne et méridien sur 400 km jusqu'à l'Hermon (fig. 2), et le sillon de O. Sirhan, qui s'allonge du NW au SE sur près de 400 km

1. Dans sa coupe C, p. 12, tendant à montrer le degré de plissement du granite, Lees a manifestement exagéré les flèches des courbures anticlinales.
2. Ses études détaillées l'ont amené à diviser le Précambrien de la région en deux systèmes.

en direction de Jauf, en Arabie, et auquel font suite, vers le NW, une série de dépressions ; Azraq, Mafraq, et la trouée de Haïfa, plaine d'Esdraelon (fig. 2). C'est avec cette ligne NW-SE que coïncident le front méridional de la nappe basaltique du J. Druze (v. p. 175) ainsi que les seuls affleurements oligocènes et néogènes marins connus en Transjordanie (v. p. 167 et 168 coupe de O. Taiyiba et p. 169 coupe d'Azraq).

Dans le détail, le fossé de la mer Morte (*s. l.*) n'est pas rigoureusement rectiligne ; le tronçon central de la mer Morte et du Jourdain, franchement *méridien*, est relayé au S, à hauteur de Pétra, par un tronçon N 16 E-S 106 W, se dirigeant sur Aqaba, et au N, à partir de l'Hermon, par la Békaa orientée SSW-NNE ; la direction méridienne reprend à partir de Homs, vers le N jusqu'en Turquie.

2. — *Voûtes anticlinales.*

Bien que tabulaire à l'échelle régionale, la Transjordanie est en fait plissée dans le détail. De part et d'autre de la mer Morte et du Jourdain, les failles bordières recoupent des structures obliques SSW-NNE, qui en Transjordanie, s'éteignent à une faible distance vers l'E, dans la marge du plateau (fig. 3). Ces axes ont influencé les failles bordières ; sur le bord oriental du fossé, plusieurs de celles-ci dévient de la direction méridienne pour suivre le flanc des structures obliques : ainsi à Feinan, Edh Dhira au NE de la mer Morte ; à quelque distance elles passent à des flexures, puis elles s'éteignent (fig. 4).

Ces anticlinaux ont un pendage généralement faible et régulier vers le SE. Leur flanc NW, par contre, est accusé par le rôle morphologique des failles déviées : les déformations souples de la couverture sédimentaire, résultant d'une simple adaptation passive aux mouvements cassants du substratum.

Localement se développent des complications secondaires. Ainsi, à Edh Dhira, la flexure monoclinale présente, sur une certaine distance, un bourrelet renversé, dans le Crétacé supérieur (fig. 4 c). La disposition des couches évoque un glissement par gravité au pied de l'escarpement faillé.

Au SE d'Amman, un faisceau d'anticlinaux subparallèles SW-NE converge progressivement vers le NE et bute, en partie, contre un autre faisceau d'anticlinaux qui s'incurve de la direction E-W vers le SE, parallèlement à l'O. Sirhan.

Dans le détail, les anticlinaux de la région d'Amman sont également accusés par un système de flexures en échelon, d'orientation moyenne 240 W-60 E. Ils sont en éventail avec la flexure SSW-NNE d'Es Salt, qui se termine au NE par l'anticlinal dissymétrique de Suweilih (coupe fig. 18).

Sur le plateau, entre Madaba et Kerak, quelques ondulations de faible amplitude affectent le plateau dans tous les sens.

Du côté occidental du fossé, dans le S de la Palestine, le faisceau anticlinal s'incurve vers l'W, parallèlement à la côte égyptienne de la Méditerranée.

3. — *Les failles.*

On peut distinguer quatre groupes de failles : méridiennes, NW-SE, NNE-SSW et E-W. Localement, elles passent à des flexures monoclinales, mais celles-ci n'affectent que la couverture sédimentaire ; dans le socle granitique, la tectonique de failles est exclusivement cassante. Cependant, dans la région de Feinan, Daniel a observé localement, le long d'une faille, une *incurvation* du granite ; un examen approfondi a révélé que la partie retroussée était mylonitisée au point de se comporter comme une roche plastique.

Failles méridiennes.

Le fossé de la mer Morte est encadré par deux grands accidents rectilignes et dans l'ensemble continus, bien que les failles qui le composent soient déviées par les structures obliques ou remplacées par des flexures. Mais la continuité est assurée par un alignement parfait des tronçons méridiens des failles ainsi que des flexures. Les failles sont verticales ou subverticales, mais non pas inverses. Le rejet sur la ligne de failles orientale atteint 2 000 à 3 000 m dans les zones axiales des structures obliques. L'accident est remplacé par de courts synclinaux obliques, bordés de failles et de flexures, sur les tronçons du fossé correspondant à une faille déviée.

Au S de la mer Morte, la faille bordière orientale dévie dans une direction presque NNE-SSW, parallèle à celle du golfe d'Aqaba (fig. 2 et 6). Mais au S de Feinan, la faille du bord oriental de la mer Morte se prolonge en direction méridienne par la faille du Quweria. Les deux failles encadrent un horst granitique.

Dans l'O. Araba ainsi que dans la vallée du Jourdain on trouve plusieurs tronçons de failles parallèles aux failles bordières principales. Parfois leur prolongement sous les terrains récents est marqué par des sources ou des escarpements rectilignes.

Failles transversales E-W.

Le rejet de ces failles, assez considérable à proximité du fossé, s'atténue vers l'E dans une flexure. La lèvre affaissée se trouve généralement du côté S de la faille ; ainsi à Zarqa Ma'in, O. Hasa et O. Dana. A O. Dana la faille est en réalité ENE, mais elle se prolonge par une flexure orientée vers l'E.

Une fissure en relation avec la coulée basaltique de J. Shihan est relayée vers l'E, par une faille.

Failles érythréennes, NW-SE à NNW-SSE.

Ces failles se développent sur le plateau, à une certaine distance du fossé. A ce groupe appartiennent les *failles* qui bordent la trouée de Haïfa-plaine d'Esdraelon, la trouée de Beersheba, le sillon de O. Sirhan et le graben de Kerak, encadré de deux failles à rejet régulier, mais faible.

D'après QUENNELL (1951, p. 108), des failles érythréennes sont visibles dans les grès paléozoïques au S du plateau. Ainsi au NW de Mudauwara, une faille parfaitement rectiligne sur 10 km se prolonge vers le NW par une file de dykes intrusifs dans les grès de Quweira (fig. 2).

Failles NNE-SSW.

Dans cette catégorie ne figurent que les tronçons déviés de failles méridiennes et les flexures qui les prolongent vers le NNE.

4. — *Accidents anciens du socle granitique.*

Le substratum granitique est affecté par trois séries de dykes doléritiques parallèles, orientés respectivement N-S, E-W et NE-SW.

D'après QUENNELL (1951), l'examen de photographies aériennes révèle des failles isogonales, parallèles au fossé de la mer Morte, présentant des décrochements horizontaux.

Tous ces accidents sont antérieurs à la pénéplanation précambrienne.

5. — *Diaclases paléozoïques.*

Les grès paléozoïques sont sillonnés de diaclases qui s'ordonnent en trois systèmes, respectivement orientés N 10-S 190, E 100/120-W 280/300 et 160/170 S-340/350 N. Elles affectent les grès de Ram, paléozoïques et non pas les grès d'Um Sahm, paléozoïques à (?) triasiques sus-jacents, et datent donc bien du Paléozoïque.

6. — *Plissotement des couches à silex du Crétacé supérieur et de l'Éocène.*

Entre Amman et Irbid et localement sur le plateau, les couches riches en bancs de silex sont affectées de plissottements d'intensité variable. L'amplitude des plis ne dépasse pas 6 à 10 m de la crête au sillon et 50 à 100 m d'un axe crestal à l'autre. Ces plissottements n'affectent ni le toit ni le mur des zones siliceuses ; ils sont intraformationels (v. p. 178).

III. — CONCLUSIONS.

La Transjordanie forme un éperon triangulaire pincé entre le fossé du golfe d'Aqaba et de la mer Morte, à l'W, et l'accident linéaire de O. Sirhan, au NE. Un réseau complexe d'accidents secondaires — failles, flexures et anticlinaux — l'affectent sans en altérer l'unité tabulaire, contrairement aux théories de KOBER (1919) et de KRENKEL (1924), qui l'assimilaient à un pays plissé.

La structure tabulaire et la puissance relativement faible de la couverture sédimentaire, comparée à l'ampleur des accidents et à l'échelle des distances (fig. 6), excluent

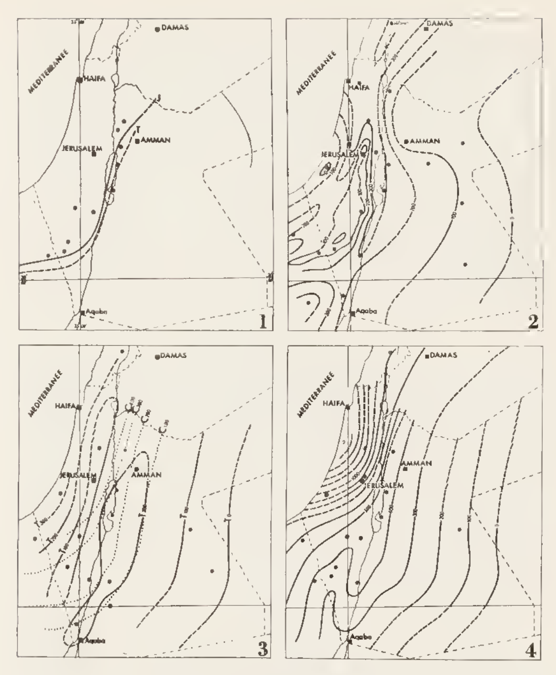


Fig. 25. — Cartes paléogéographiques :

1. — Lignes de rivage du Jurassique (J) et du Trias (T).
2. — Courbes isopaques du Crétacé supérieur.
3. — Courbes isopaques du Cénomanien (C) et du Turonien (T).
4. — Courbes isopaques du calcaire de Judée (Cénomanien à Santonien).

l'idée de mouvements tangentiels transmis par la couverture. La formation des voûtes anticlinales semble liée à des phénomènes profonds : compression et contraction du substratum granitique.

Le sillon de la mer Morte a été soumis à des subsidences récurrentes, depuis le Crétacé (fig. 25). Il offre tous les caractères d'un *graben de subsidence*, accentué par des failles parallèles. Il est remarquable que des failles parallèles à la direction du fossé aient marqué le socle granitique dès le Précambrien.

La théorie de *ramp valley*, de WILLIS, bien sûr séduisante, ne semble pas se vérifier sur le terrain ; les failles bordières en particulier sont verticales et non pas inversées [1] ;

Il n'est pas nécessaires d'imaginer une dérive du bloc palestinien de 160 km vers le S, comme l'ont fait LARTET, DUBERTRET, WELLINGS et QUENNELL : le décrochement des affleurements jurassiques de faciès analogue peut très bien s'expliquer par l'obliquité des lignes de rivage le long de l'*éperon* transjordanien. Cette explication n'exclut pas la possibilité de faibles décrochements, indiqués par les failles isogonales dans le granite d'Aqaba.

Les cartes d'isopaques (fig. 25) indiquent l'existence d'un bassin de subsidence coïncidant sensiblement avec l'emplacement actuel du bassin de la mer Morte (*s. l.*) depuis le Crétacé. Rien ne permet de suggérer un déplacement horizontal de grande envergure, à une époque récente, d'une partie de ce bassin. Par contre il ressort nettement que le bloc transjordanien a joué le rôle d'une région haute au moins depuis le Trias.

Manuscrit remis en décembre 1958.

1. Il serait erroné d'assimiler à une faille inverse des accidents tels que le bourrelet renversé par gravité d'Edh Dhira.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

ABEL, T. M. (1933). — Géographie de la Palestine. Études bibliques. T. I. Géographie physique et historique. Paris, Lecoffre, 305 p., 17 pl.

ARKELL, W. J. (1951). — A search for the alleged Sinemurian in the Wadi Araba, Eastern Desert of Egypt. *Geol. Mag.*, 88, p. 305.

AVNIMELECH, M. (1936). — Études géologiques dans la région de la Shéphélah en Palestine. *Ann. Univ. Grenoble*, t. XX, 144 p., carte géolog. au 100 000e au trait.

— (1943). — Transgressive upper Eocene in Palestine. *Geol. Mag.*, vol. 80, p. 107-110.

— (1945). — A new Jurassic outcrop in the Jordan valley. *Geol. Mag.*, vol. 82, 2, p. 81-83.

AVNIMELECH, M., PARNESS, A. et REISS, Z. (1954). — Mollusca and Foraminifera from the Lower Albian of the Neguev (Southern Israel). *Journ. of Paleont.*, vol. 28, n° 6, p. 835-839, 9 fig.

AWAD, G. EL DIN H. (1945). — On the occurrence of marine Triassic (Muschelkalk) deposits in Sinaï (with note on Ammonites by L. F. Spath). *Bull. Inst. d'Egypte*, 27, p. 397.

BALL, M. W. et BALL, D. (1953). — Oil Prospects of Israel. *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.*, vol. 37, n° 1, p. 1-113, 24 fig., 20 cartes.

BARTHOUX, J. et DOUVILLÉ, H. (1913). — Le Jurassique dans le désert à l'Est de l'isthme de Suez. *C. R. Ac. Soc.*, 157, p. 265.

BENTOR, Y. K. et VROMAN, A. (1951). — Découverte de grès à faciès nubien dans le Turonien supérieur du Néguev septentrional (Sud d'Israël). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6e sér., t. 1, p. 491-495.

BENTOR, Y. K. (1952). — Magmatic intrusions and lavasheets in the Raman area of the Negev (Southern Israel). *Geol. Mag.*, vol. LXXXIX, p. 129-140, 6 fig.

— (1953). — Relations entre la tectonique et les dépôts de phosphates dans le Neguev israélien. *Congr. Géol. Intern. Alger*, XI, p. 93-101.

— (1954). — A structural contour map of Israel (1 : 250 000) with remarks on its dynamical interpretation. *Bull. Res. Counc. Israel*, vol. 4, p. 125-135, 4 fig.

BLAKE, G. S. 1928. — Geology and Water Resources of Palestine. Jérusalem, 51 p., carte géolog. au millionième.

— (1930). — The Mineral Resources of Palestine and Transjordan. Jérusalem, 41 p.

— (1935-1936). — The Stratigraphy of Palestine and its building Stones. Jérusalem, Printing and Stationary Office, 133 p.

— (1937). — Old shore lines of Palestine. *Geol. Mag.*, vol. 74, pt. 2, p. 68-78.

— (1939 *a*). — Geological Map of Palestine. Scale, 1 : 250 000.

— (1939 *b*). — Report on geology, soils and minerals (of Transjordan) and hydro-geological correlations ; geological outline map of Transjordan, 1 : 1 000 000 *in* IONIDES, M. G., Report on the water resources of Transjordan etc. London, Crown Agents for the Colonies.

BLAKE, G. S. et GOLDSCHMIDT, M. J. (1947). — Geology and Water Resources of Palestine, Jérusalem, 413 p., 31 pl. Govt, Printer.

BLANCKENHORN, M. (1896). — Entstehung und Geschichte des Toten Meeres. *Z. deutsch Palästina Ver.*, 19, 58 p., 4 pl., 8 fig.

Blanckenhorn, M (1907). — Die Hedschazbahn auf Grund eigener Reisestudien. *Z. Gesellsch. f. Erdkunde*, Berlin.

— (1912 *a*). — Kurzer Abriss der Geologie Palästinas. *Z. deutsch. Palästina Ver.*, p. 113-139 ; carte géolog. au 700 000e en couleurs.

— (1912 *b*). — Naturwissenschaftliche Studien am Toten Meer und im Jordantal. 478 p., 106 fig., 6 pl., Berlin. Friedländer u. Sohn.

— (1914 *a*). — Syrien, Arabien u. Mesopotamien. *Hdb. region. Geologie*, vol. V, 4, 159 p., 12 fig., 4 pl.

— (1914 *b*). — Das Danien in Palästina mit der Leitform *Pecten obrutus* Conr. (= *P. farafrensis* Zitt. = *Mayer Eymari* Newt.). *Z. deutsch geol. Ges.*, 67, p. 187-191.

— (1925). — Der sogenannte syrische Bogen. *Z. deutsch. geol. Ges.*, 77 (8-10), p. 206-226.

— (1927). — Die fossilen Gastropoden und Scaphopoden d. Kreide v. Syrien-Palästina. *Palæontogr.*, LXIX, p. 111-186.

— (1929). — Der marine Ursprung des Toten Meeres und seine Salze. *Z. deutsch. geol. Ges.*, vol. 81, p. 81-93, pl. III et IV.

— (1931). — Geologie Palästinas nach häutiger Auffassung. *Z. deutsch. Palästina Ver.*, vol. 54, 50 p., 1 pl.

— (1934). — Die Bivalven der Kreideformation von Syrien-Palästina. *Palaeontogr.*, LXXXI, A, p. 161-296, pl. VII-XIV.

Buch, L. von (1841). — Lettre *in* Robinson, E. : Biblical Researches in Palestine, vol. 2, Appendix, p. 673, London.

Carpentier, A. et Farag, I. (1948). — Sur une flore probablement rhétienne à El Galala El Bahariya, Égypte. *C. R. Ac. Sc.*, t. 228, p. 686-688.

Chavan, A. (1947). — La faune campanienne du Mont des Oliviers d'après les matériaux de Vignal-Massé. *J. Conchyologie*, 87, p. 125-197, pl. 2-4.

— (1925). — A Bajocian-Bathonian outcrop in the Jordan valley and its Molluscan remains. *Ibid.*, ser. 9, vol. 15, p. 169-181.

— (1932). — Further Notes on the Trans-Jordan Trias. *Ibid.*, ser. 10, vol. 10, p. 93.

Cox, L. R. (1924). — A triassic Fauna from the Jordan Valley. *Ann. Mag. nat. Hist.*, (9), XIV, no 79, p. 52-96, pl. I, II.

— (1925). — A Bajocian-Bathonian Outcrop in the Jordan Valley and its Molluscan Remains. *Ann. Mag. nat. Hist.*, London (9), XV, p. 169-181, 1 pl.

— (1932). — Further notes on the Trans-Jordan Trias. *Ann. Mag. nat. Hist.*, (10), vol. X, p. 93-113, pl. VII.

— (1934). — On the occurrence of the Marine Oligocene in Palestine. *Geol. Mag.*, vol. LXXI, p. 337-345, pl. XVI-XVIII.

Cuvillier, J. (1930). — Révision du Nummulitique égyptien. *Mém. Inst. d'Égypte*, vol. 16, p. 1-371, 21 fig., 25 pl., carte paléogéogr.

Dienemann, W. (1915). — Älteres Paläozoikum von Sud-Syrien u. West-Arabien. *Centralblatt f. Miner.*, p. 23-26, 2 fig.

Douvillé, H. (1925). — Le Callovien dans le Massif du Moghara. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (4), 25, p. 303.

Dubertret, L. (1929). — Étude des régions volcaniques du Haouran, du Djebel Druze et du Diret et Touloul (Syrie). *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, t. II, p. 275-324, pl. 29-36.

— (1932). — Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine ; leur origine. *C. R. Ac. Sc.*, 195, p. 66.

— (1933). — La carte géologique au millionième de la Syrie et Liban. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, VI (4), p. 269-315, pl. XV-XXV.

Dubertret, R. et L., Doncieux L. et Vautrin, H. (1938). — Sur le Nummulitique du versant oriental de l'Anti-Liban (région de Damas, Syrie). *C. R. Ac. Sc.*, 207, p. 1230.

Dubertret R. et L. (1940). — Sur l'existence d'un golfe sur la Béka sud au Lutétien. *C. R. Ac. Sc.*, t. 210, p. 574.

Dubertret, L. (1941-1943). — Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième (2e édit.). Notice explicative de 67 p., Beyrouth.

DUBERTRET, L. (1947). — Problèmes de la géologie du Levant. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, t. 17, p. 3-31, 10 fig., 1 pl., 1 dépliant.

— (1951 *a*). — Aperçu géologique sur la région de Merdjayoun (Liban). *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, (7), p. 106-107.

— (1951 *b*). — La structure du Moyen-Orient d'après Étienne de VAUMAS. *Revue Géogr. Lyon*, XXVI (3), p. 367-374.

— (1951 *c*). — Carte géologique au 50 000e du Liban, feuille de Merdjayoun avec notice de 64 p., 12 fig., 12 pl.

— (1951). — Carte géologique au 200 000e du Liban, feuille de Beyrouth, avec notice de 108 p., 24 fig., 8 pl.

EDWARDS. (1929). — Lower Cretaceous Plants of Syria and Transjordan. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, ser. 10, vol. 4, p. 394-405.

FARAG, I. (1948). — Deux nouveaux gisements de Bathonien fossilifère sur la rive occidentale du golfe de Suez en Égypte. *C. R. Som. Soc. Geol. Fr.*, p. 109-111.

FRAAS, O. (1877). — Juraschichten am Hermon. *Neues Jahrb. f. Min.*, p. 17-30.

FUCHS, E. (1915). — Beiträge zur Petrographie Palästinas und der Hedschas-provinz. *N. Jahrb. Min.*, Beil.-Bd XL, p. 533-582, 1 pl.

HAUGHTON, S. H. (1938). — Lexicon de Stratigraphie, Vol. I, Africa. Londres, 419 p.

HENSON, F. R. S. (1938). — Stratigraphical Correlation by small Foraminifera in Palestine. *Geol. Mag.*, vol. 75, n° 887, p. 227-233.

HULL, E. (1886). — Memoirs on the Geology and Geography of Palestine, etc... Survey of Western Palestine. *Palest. Explor. Fond.*, London.

HUME, W. F. (1901). — Rift valleys of eastern Sinai. *Geol. Mag.*, IV, vol. 8, n° 445, p. 198.

HUME, W. F. et LITTLE, O. H. (1928) — Atlas of Egypt. Survey of Egypt, Cairo.

— (1921). — The Jurassic and Lower Cretaceous rocks of Northern Sinai. *Geol. Mag.*, 68, 339.

— (1934-37). — Geology of Egypt. Vol. I, vol. II pt 1, 2, 3.

KING, W. B. R. (1923). — Cambrien fossils from the Dead Sea. *Geol. Mag.*, vol. LX, p. 507-514.

KOBER, L. (1919). — Geologische Forschungen in Vorderasien. II. Teil, C. Das Nördliche Hegaz. Denkschr. d. Akad. d. Wissensch. Wien, 96, p. 779-820, 4 pl., 38 fig.

KOEPPEL, R. (1952). — Uferstudien am Toten Meer. *Biblica*, vol. 13.

KRENKEL, E. (1924). — Der Syrische Bogen. *Centralbl.* (9 et 10), p. 274-281 et 301-313.

— (1928). — Geologie Afrikas; Syrien, p. 100-122. Berlin, Borntraeger.

— (1941). — Syrabien. *Z. deutsch. geol. Ges.*, XCIII.

KRUSH, P. (1911). — Die Phosphatlagerstätten bei Es Salt im Ost-Jordanlande. *Z. prakt. Geologie*, p. 397-406.

LARTET, L. (1869). — Essai sur la géologie de la Palestine. *Thèses*; Paris, V. Masson, 292 p., 29 fig., 1 dépliant.

— (1876). — Exploration géologique de la mer Morte, de la Palestine et de l'Idumée. Paris, A. Bertrand, 326 p., 12 pl.

LEES, G. M. (1928). — The chert beds of Palestine. *Proc. of the Geologist's Ass.*, XXXIX pt. 4, p. 445-462, pl. 27-28.

— (1945). — Letter replying to Avnimelech. *Geol. Mag.*, vol. 82, p. 137.

— (1952). — Foreland folding. *Q. J. G. S.*, vol. C VIII, p. 1-34, pl. 1-IV, fig. 1-21.

LIBBEY, WILH et HOSKINS, E. R. 1905. — The Jordan valley and Petra. 2 vol., London.

LITTLE, O. H. (1926). — Description of a new geological map of Egypt. *C. R. 11e Congr. géol. Intern.*, Madrid, 19 p.

LYNCH, W. F. (1862). — Official Report of the U. S. Expedition to explore the Dead Sea and the River Jordan. Baltimore.

MOON, F. W. et SADECK H. (1921). — Topography and geology of Northern Sinai. *Petrolum Research Bull.*, n° 10, 154 p., 69 vues, 2 cartes géol.

MUIR-WOOD, H. (1925). — Jurassic Brachiopods from the Jordan valley. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, ser. 9, vol. 15, p. 181-192.

MUSIL, A. (1907). — Arabia Petraea. I. Moab. Wien.

NOETLING, F. (1886). — Entwurf einer Gliederung der Kreideformation in Syrien u. Palästina. *Z. deutsch. geol. Ges.*, 38, p. 824-875, pl. XXIV-XXVII.
— 1887. — Der Jura am Hermon. Stuttgart, 46 p., 7 pl.
OWEN, L. (1938). — Origin of Red Dea depression. *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.*, vol. 22, n° 9, p. 1217-1223.
PICARD, L. (1931 *a*). — Geological Researches in the Judean Desert, Jerusalem, 108 p., 3 pl., carte au 63 000ᵉ.
— (1931 *b*). — Tektonische Entwicklungsphasen im nördlichen Palästina. *Z. deutsch. geol. Ges.*, vol. 83, Berlin.
— (1932). — Zur Geologie des mittleren Jordantales. *Z. deutsch. Paläst. Ver.*, vol. 55, p. 1-69.
— (1934). — Zur Geologie des Gebietes zwischen Gilboa und Wadi Fara. *Centralbl. Min.*, B, n° 1, p. 27-33.
PICARD et SOLOMONICA, P. (1936). — On the geology of the Gaza-Beersheba District. *B. Geol. Dep. Hebrew Univ.*, Jérusalem, 2, p. 1-43, 3 pl., 1 carte.
PICARD, L. (1937). — On the structure of the Arabian Peninsula. *Bull. Geol. Dept. Hebr. Univ.*, vol. 1, n° 3.
PICARD, L. et DONCIEUX, L. (1937). — Sur la présence de l'Éocène supérieur-Oligocène inférieur avec *Nummulites incrassatus* de la Harpe en Palestine. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 62.
PICARD, L. (1938). — The Geology of new Jerusalem. *Bull. Geol. Dep. Hebr. Univ.*, vol. 2, n° 1.
— (1941). — The Precambrian of the North Arabian-Nubian Massif. *Ibid.*, vol. 2, nᵒˢ 3-4.
— (1942). — New Cambrian Fossils and Paleozoic Problematica from the Dead Sea and Arabia. *Ibid.*, vol. 4, n° 1.
— (1943 *a*). — Structure and Evolution of Palestine. *Geol. Dept. Hebr. Univ.*, 134, 18 fig.
— (1943 *b*). — Silurian in the Negeb (Israël). *Congr. Géol. Intern. Alger*, F. 11, p. 179-183.
— (1953). — Disharmonic faulting, a tectonic concept. *Bull. Research Council Israel*, Weizmann Memorial Issue. Vol. III, n° 1, p. 132-134, 2 fig.
QUENNELL, A. M. (1951). — The Geology and Mineral Resources of (former) Trans-Jordan. *Colonial Geol. and Min. Res.*, 2, p. 86-116, pl. I-VIII, carte géologique au 1 : 500 000ᵉ au trait.
REISS, Z. (1952, *a*) — On the Upper Cretaceous and Lower Tertiary microfaunas of Israel. *Bull. Res. Counc. Israel.*, vol. 2, n° 1, p. 37-50.
— (1952 *b*). — On the Occurrence of *Globotruncana calcarata* CUSHMAN 1927 in the Upper Cretaceous of Israel. *Ibid.*, vol. 2, n° 3.
— (1954). — Upper Cretaceous and Lower Tertiary *Bolivinoides* from Israel. *Contr. Cushman Found. f. Foraminifera l. Research.*, vol. V, pt. 4, p. 154-162, pl. 28-31.
RICHTER, R. S. E. 1941. — Das Kambrium am Totem Meer und die älteste Tethys. *Abh. Senckenberg. Naturf. Gesellsch.*, Frankfurt a/M., p. 1-48, 2 pl., 3 fig.
ROMAN, F. et DONCIEUX, L. (1927). — Observations sur l'Éocène de Syrie et de Palestine. *C. R. S. Soc. Geol. Fr.*, p. 171-192.
RUSSEGER, J. 1837. — Kreide, Sandstein, Granit, Porphyr, Grunsandstein u. s. w. in Aegyptens Nubien bis nach Sennaar. *N. Jahrb. f. Min.*, Stuttgart, p. 665-669.
— (1841-48). — Reisen in Europa, Asien und Afrika, Stuttgart, vol. 1-6, 1 atlas.
SANDFORD, K. S. (1944). — Structure and evolution of the Levant and Northern Africa. *Nature*, vol. 154, n° 3914, p. 569-570.
SHAW, S. H. (1947). — Southern Palestine Geological Map on a scale 1 : 250 000 with Explanatory Notes. Jerusalem, Palest. Govt. Printer.
— (1948). — The Geology and Mineral Resources of Palestine. *Bull. Imp. Inst.*, vol. 46, n° 1, p. 87-103.
SHUKRI, N. M. and SAID, R. (1944-1946). — Contribution to the Geology of the Nubian Sandstone. Pt 1, *Bull. Fac. Sc. Cairo*, 25 (1944) ; pt 2, *Bull. Inst. Egypte*, 27, 229 (1946).
SCHÜRMANN, H. M. E. (1949). — Massengesteine aus Ägypten. *N. Jahrb. Mineral. 80*, A, p. 263-296.
— (1953). — The Pre-Cambrian of the Gulf of Suez Area. *Congrès Géol. Intern. Alger*, (1952), fasc. I, p. 115-135, 1 dépliant.

Schürmann, K. M. E. (1954). — Remarks on Stratigraphyc Tectoniecs and Metamorphosis with Reference to the Pre-Cambrian in Egypt. *Geologie en Mijnbouw*, n° 8.

Schwoebel, V. (1921). — Der Jordangraben in zwolf länderkundlichen Studien Hettner-Festschrift. Breslau.

Vaumas, E. de (1947). — La fracture syrienne et le fossé palestinien. *Revue Biblique*, 54, (3), p. 370-387, 2 fig., pl. IX.

— (1949). — Sur la structure de la Galilée libanaise et de la dépression de Houlé. *C. R. Ac. Sc.*, t. 229, p. 943-946.

— (1950). — La structure du Proche-Orient. Essai de synthèse. *Bull. Soc. Roy. de Géogr. Egypte*, XXIII, p. 265-320, pl. I-XI.

Vautrin, H. (1934 *a*). — Contribution à l'étude de la série jurassique dans la chaîne de l'Anti-Liban et plus particulièrement dans l'Hermon (Syrie). *C. R. Ac. Sc.*, t. 198, p. 1438.

— (1934 *b*). — Sur l'orogénèse du massif de l'Hermon. *C. R. Ac. Sc.*, t. 199, p. 82.

Vroman, J. (1945). — The petrology of sandy sediments of Palestine. *Bull. Geol. Dep. Hebr. Univ.*, Jérusalem, t. 5, p. 1-11, 1 fig., 1 tab.

— (1950-1951). — The movment and solution of salt bodies as applied to Mount Sodom. *Israel Explor. Journ.*, vol. 1, n° 4, p. 185-193, Jérusalem.

Wagner, G. (1934). — Deutscher Muschelkalk am Toten Meer. *Natur u. Volk* (Frankfurt a. M), vol. LXIV, 2. Th.

Wellings, F. E. *in* Willis, B. (1938). — Wellings Observations of Dead Sea Structure. *Bull. Geol. Soc. America.*, vol. 49, p. 659-668.

Wetzstein. (1859). — Reise in die beiden Trachonen und um das Hauran-Gebirge. Mitt. üb. Hauran u. d. Trachonen. *Zeitschr. f. allg. Erdkunde*, Berlin, p. 109-208 et 165-318.

Willis, B. (1928). — Dead Sea Problem. Rift Valley or Ramp Valley ? *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 39.

Wyllie, B. K. N. 1931. — The Geology of Jebel Usdum, Dead Sea. *Geol. Mag.*, vol. 68, n° 806, p. 366-372.

CARTES TOPOGRAPHIQUES

– Cartes au 250 000e, feuilles d'Amman et Karak, 1949.

– Cartes au 100 000e du Survey of Palestine.

N° 7 : Nablus (1942) ; n° 13 : Dead Sea (1945) ; n° 16 : Jebel Usdum (1945).

– Carte au 100 000e : South Levant Series.

N. I. 37. 53 : Zarqa (1945) ; N. I. 36. X6 : Salt (1945).

N. H. 36. F2 : Amman (1945) ; N. H. 36. F4 : Dhiban (1945).

N. H. 36. F6 : Karak (1945) ; N. H. 36. L1 : Ein Hasb (1945).

TABLE DES MATIÈRES

CONTRIBUTIONS A LA STRATIGRAPHIE ET A LA PALÉONTOLOGIE DU CRÉTACÉ ET DU NUMMULITIQUE DE LA MARGE NW DE LA PÉNINSULE ARABIQUE

PAR

C. ARAMBOURG, L. DUBERTRET, J. SIGNEUX, J. SORNAY

I. STRATIGRAPHIE

PAR

L. DUBERTRET

Les faunes décrites dans ce mémoire, principalement des Poissons et des Reptiles, ont été récoltées à l'occasion des voyages du professeur C. Arambourg dans le Moyen-Orient, en janvier 1939 (Mission Syrie-Perse) et en octobre 1953.

Elles proviennent de *gisements* distribués sur la marge NW de la péninsule Arabique :

1° Exploitation à ciel ouvert et par galeries des phosphates de *Roseifa*, à 12 km au NE d'Amman, capitale de la Jordanie. Fort courtoisement M. Tewfik Kawar, directeur général de la Jordan Phosphate Mining Company, a autorisé des prélèvements parmi les restes fossiles recueillis par les ouvriers et conservés au petit musée monté sur place. La faune est typiquement maestrichtienne.

2° Carrière de marne crayeuse de la cimenterie de *Doumar*, à 12 km au NW de Damas, capitale de la Syrie. Il s'agit là de squelettes et de dents de Poissons trouvés de façon sporadique dans une masse crayeuse éocène moyenne.

3° Abords de la piste transdésertique Damas-Baghdad, à 42 km à l'W du poste de relais de *Rutbah*, situé en territoire irakien, à 375 km à l'E de Damas. A 40 km à l'W de Rutbah, c'est un niveau phosphatique maëstrichtien équivalent à celui de Roseifa qui a été exploité.

4° A 53 km à l'W de *Rutbah*, la formation fossilifère est un calcaire à lits et gros rognons de silex d'âge éocène inférieur.

Les faunes décrites sont ainsi d'âges maëstrichtien et éocène inférieur et moyen.

Doumar et les gisements à l'W de Rutbah se situent respectivement à 180 km au N-NE et à 400 km à l'E-NE de Roseifa : sur de telles étendues la stratigraphie se modifie sensiblement.

La genèse des reliefs actuels était commencée depuis la fin du Cénomanien, et si, jusque dans le Nummulitique, la mer pénétrait encore loin vers l'intérieur de la plate-forme Arabique, celle-ci commençait à être doucement ondulée. La sédimentation, de caractère monotone au Cénomanien, se diversifie ainsi à la fin du Crétacé et sa diversité s'accuse au Nummulitique.

Par ailleurs Roseifa, Doumar et Rutbah sont de positions tectoniques différentes. Roseifa se situe sur le bord du plateau transjordanien, à 40 km à l'E du fossé du Jourdain et de la mer Morte, à proximité de l'aire d'affleurement du socle ancien et de lignes de rivage des anciennes mers. En Jordanie, le Cambrien, le Trias, le Jurassique et l'Albien se terminent en biseau au sein d'une série gréseuse reposant sur le socle.

Doumar, sur la bordure orientale de l'Anti-Liban, proche de la Méditerranée, se situe dans une zone qui était au Crétacé et au Nummulitique plus proche de la haute mer.

Rutbah, au cœur du désert syro-irakien, occupe le flanc d'un bombement du socle à l'approche duquel diverses formations marines mésozoïques se terminent au sein d'une série gréseuse. Aujourd'hui ce bombement se révèle par l'apparition de grès triasique moyen au fond de la cuvette de la Ga'ara et par l'affleurement de terrains jurassiques et crétacés à proximité, alors que le plateau désertique est essentiellement le domaine du Nummulitique.

Une certaine similitude existe donc entre les conditions stratigraphiques à Rutbah et à Roseifa et il n'est pas surprenant d'y retrouver les mêmes faunes maëstrichtiennes. Les calcaires à silex de l'Éocène inférieur de Rutbah n'ont cependant pas d'équivalent aux alentours immédiats de Roseifa : le Nummulitique et même les termes supérieurs du Crétacé ont été largement érodés sur le plateau transjordanien ; des formations semblables subsistent plus à l'E dans le pays. Le Nummulitique de Doumar est essentiellement crayeux ; vers l'Anti-Liban, sur une quinzaine de kilomètres de distance, il passe à des calcaires à Nummulites. Dans cette région les faciès sont plus profonds, plus franchement marins.

Tandis que les restes de Poissons et de Reptiles abondent dans le Maëstrichtien et l'Éocène inférieur de la Transjordanie et du désert syro-irakien, ils sont exceptionnels

dans la Damascène. De même existent au Liban des gisements de Poissons cénomaniens (Maifouk, Hadjoula) et sénonien (Sahel Alma) très riches, mais très localisés.

La recherche des conditions particulières de dépôts des couches à silex et phosphates,

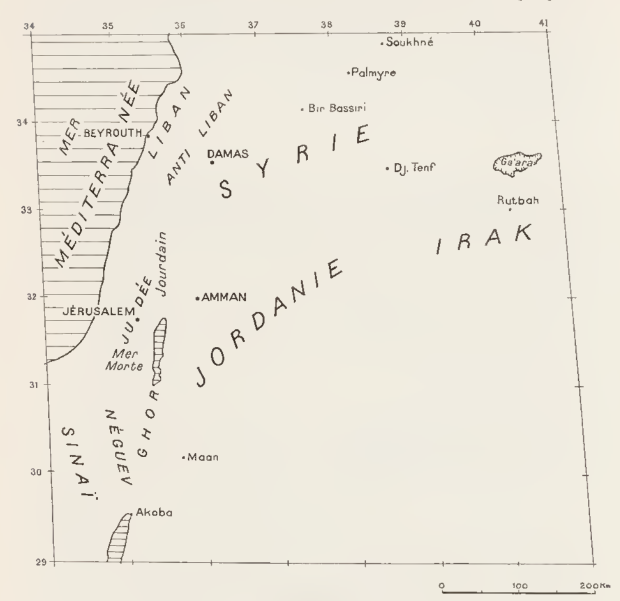


Fig. 1. — Carte des localités citées, au 1/5 millions.

riches en débris de Poissons et de Reptiles, de la Jordanie et du désert syro-irakien, conduit à chercher une vue d'ensemble sur la stratigraphie du Crétacé et du Nummulitique dans cette partie de la marge de la péninsule Arabique. Il s'agit en finale de confronter un ensemble de données connues pour faire apparaître le contraste de la

paléogéographie pendant la fin du Crétacé et le Nummulitique avec ce qu'elle avait été jusqu'à la fin du Turonien.

Les conditions paléogéographiques spéciales qui ont prévalu pendant la fin du Crétacé, après le Turonien, et la sédimentation particulière qui en est résultée ont conduit les géologues du Moyen-Orient à désigner cette période comme *Crétacé supérieur*. La période antérieure du Crétacé peut aussi bien être être désignée comme Crétacé inférieur ou être divisée en un Crétacé inférieur (arénacé) et un Crétacé moyen (essentiellement calcaire).

Transjordanie.

La Transjordanie est un pays tabulaire, sensiblement en relief par rapport à son vis-à-vis Cisjordanien (Palestinien) : c'est un haut plateau. Les failles bordières du fossé de la mer Morte en ont nettement tracé le bord et en montrent la coupe.

Un socle granitique apparait à la base, à hauteur de la pointe S de la mer Morte, et se dégage vers le S, vers Akaba. Sa surface, parfaitement régulière, est une pénéplaine. La série stratigraphique sus-jacente, aisément observable le long de la route qui d'Akaba mène à Maan, sur le plateau, s'étend du Cambrien à l'Éocène moyen :

(*bas*) — socle granitique avec surface incrustée de poudingue.

Cambrien à base du Cénomanien [1];

— grès roses monotones, empreintes de *Cruziana* [2]; les (?) 70 m supérieurs crétacés .... 920 m

Cénomanien-Turonien [3] :

— alternances de calcaires à Rudistes, marnes et grès (Cénomanien 30 m, Turonien 209 m) .... 239 m

Campanien-Maëstrichtien :

— calcaire à bancs et rognons de silex, phosphate meuble dans le haut.. environ 50 m

Éocène (sur le plateau, au SW de Maan) [4] :

— marnes olivâtres (paléocènes) .... 76 m

— craies blanchâtres à silex passant à un calcaire jaunâtre à lits de silex brun (éocènes inférieurs) .... 14 m

— calcaire dur à *Nummulites gizehensis* Forskal (éocène moyen) .... 50 m (incomplet)

Dans cette coupe, c'est au sommet du Cénomanien seulement que les sédiments deviennent franchement marins et la formation calcaire cénomanienne-turonienne est exceptionnellement chargée en grès et marnes gréseuses.

En suivant le bord du plateau transjordanien vers le N, on voit s'insérer dans les grès reposant sur le socle des niveaux calcaires marins, cambriens (à hauteur de la

1. Wetzel et Morton, 1959, fig. 2 et 6.
2. Communications inédites de F. R. S. Henson et de H. v. Gaertner.
3. Wetzel et Morton, coupe de Naqb Ishtar, fig. 19.
4. Wetzel et Morton, coupe du J. Samna, p. 162.

pointe S de la mer Morte), triasiques (à hauteur de la pointe N), puis jurassiques. De tabulaire dans le S, le plateau devient légèrement plus mouvementé vers le N. Les axes structuraux sont orientés SW-NE à SSW-NNE.

C'est ainsi qu'au N d'Amman, une large voûte crétacée, le Djebel Adjloun, s'avance vers le NE, vers les plateaux basaltiques du Haouran et du Djebel Druze. Le Nahr el Zerqa le contourne dans la région d'Amman, en s'écoulant vers le NE ; puis il s'incurve vers l'W et coupe la partie axiale, profondément encaissé. Dans le fond de ce dernier tronçon affleurent le Trias et le Jurassique marins ; les versants de la vallée et les flancs de la voûte donnent la coupe presque complète du Crétacé[1].

(Coupe d'Aïn Khuneizir) :

Sommet des calcaires jurassiques
Base du Crétacé :
— grès et marnes sableuses à débris de Plantes .... 125 m
Albien (87 m) :
— marne sableuse et calcaire marneux à débris de Plantes, *Knemiceras* sp., dents de Poissons .... 7 m
— grès alternant avec du schiste argileux et de fins bancs calcaires ou dolomitiques .... 80 m

(Suite de la coupe sur le versant du cirque de Suweilih) :

Cénomanien (288 m) :
— calcaires néritiques à abondante faune de Foraminifères, Échinides, Lamellibranches .... 137 m
— marnes à Globigérines à abondante faune d'Échinides, Lamellibranches, Gastéropodes .... 74 m
— calcaires néritiques, pauvres en faune .... 77 m
Turonien (182 m) :
— calcaire à Globigérines, Lamellibranches .... 37 m
— calcaires lagunaires, pauvres en faune, Milioles .... 58 m
— calcaires à silex, en bancs massifs .... 90 m
Le sommet de ce calcaire à silex est considéré comme peut-être santonien.

(Suite de la coupe au nord d'Amman, dans l'Ouadi Haddada) :

Santonien :
— calcaire crayeux zoné de rose (dil kakhule), à Foraminifères et faunule de *Dentalium*, Lamellibranches et Gastéropodes .... 15 m
Campanien :
— calcaires phosphatiques alternant avec des lits de silex intensément plissotés .... 30 m
Maestrichtien :
— niveau de phosphates de Roseifa, situé au sommet de la formation à lits de silex plissotés ;
— marne crayeuse blanche.

Le haut du Maëstrichtien a été érodé dans cette région.

1. Wetzel et Morton, p. 135, 140, et 154.

Il subsiste dans l'extrême N de la Jordanie, près d'Irbid[1]. L'Emschérien y fait encore corps avec les calcaires cénomaniens-turoniens et dessus suivent :

Campanien (96 m) :
- — alternances de calcaire cristallin fin et de calcaire crayeux zoné rose et jaune, Foraminifères, Lamellibranches .... 31 m
- — calcaire crayeux rosé (kakhule) alternant avec des lits de silex ; Foraminifères, Lamellibranches .... 18 m
- — alternances régulières de calcaire crayeux blanchâtre et de bancs de silex de 0,30 à 0,70 m, parfois bréchiques .... 47 m

Maestrichtien :
- — craie phosphatique avec fines intercalations calcaires .... 7 m

Paléocène :
- — calcaire bitumeux surmonté de marnes gris-bleu ; Foraminifères abondants. 47 m

Éocène inférieur :
- — calcaire crayeux et craies à bancs de silex .... 220 m

L'Éocène moyen manque, les basaltes du Haouran reposent à même les couches éocènes inférieures.

La partie inférieure de cette coupe est subdivisée d'après ses faunes abondantes et ses corrélations avec des coupes voisines. Le Turonien en particulier a été séparé par corrélation avec des terrains contenant la faune classique à *Thomasites Rollandi* Thomas et Péron. Dans cette région N de la Jordanie, la transgression cénomanienne a été précédée d'une incursion marine à l'Albien. Le Cénomanien présente 288 m de puissance contre 30 m dans le S de la Jordanie, où l'étage n'est représenté que par ses niveaux supérieurs. Les subdivisions du Crétacé supérieur sont moins sûres, mais elles sont approximativement exactes.

Amman et *Roseifa* se situent sur la retombée SE du Djebel Adjloun, à proximité de la limite des calcaires cénomaniens-turoniens vers les terrains crayeux du Crétacé supérieur. Les couches y plongent vers le SE, jusqu'à une flexure SW-NE passant par Amman, au-delà de laquelle la série stratigraphique est légèrement en relief. Dans la ville même, le long des routes qui mènent vers le S, cette flexure fait apparaître, enveloppée de terrains crayeux, une belle demi-voûte de calcaire turonien (exploité en carrière).

Le Nahr Zerqa contourne la voûte calcaire du Djebel Adjloun en s'écoulant vers le NE. La voie ferrée reliant Amman à Déraa (frontière syrienne) et Damas suit la vallée et c'est dans ses tranchées, une quinzaine de kilomètres à l'aval d'Amman, qu'a été découvert le gisement de phosphate de Roseifa. Une exploitation artisanale y a été ouverte, partie à ciel ouvert, partie en galerie, dans une couche de phosphate meuble de 2 m d'épaisseur.

G. S. Blake qui, de 1922 à 1938, a été Conseiller géologique du Gouvernement de la Palestine, a décrit le gisement (1939, p. 117) :

1. Wetzel et Morton, p. 154 et 159.

Les couches phosphatiques ont été suivies sur 300 m le long de la berge NW du Nahr Zerqa. Au kilomètre 212,6 la coupe est la suivante :

(*haut*)	— phosphate tendre	1,80 m, teneur en $Ca_3P_2O_8$ 58,4 %
	— calcaire dur	0,50 m
	— phosphate tendre	1,00 m
	— phosphate compact	0,10 m, teneur 70 %
(*bas*)	— phosphate tendre	0,60 m

Le long de la berge SE, des tranchées ont mis les couches à nu sur 1 000 mètres.

(*haut*)	— phosphate tendre	1,40 m, teneur 72,5 %
	— calcaire dur	0,80 m
	— phosphate tendre	1,00 m, teneur 70 %
	— phosphate compact	0,70 m
(*bas*)	— phosphate tendre, nodules calcaires et siliceux	2,05 m, teneur 74,7 %

Blake note la discontinuité des bancs qui se relayent à divers niveaux ; des galets de calcaire et de silex et la stratification entrecroisée indiquent un dépôt dans une eau courante.

Une *analyse* est citée :

humidité à 100° c.	10,10 %		
humidité à 140° c.	10,93 %		
résidu insoluble dans l'eau régale	1,69 %		
Partie soluble dans l'eau régale :			
CaO	46,13 %		
MgO	0,45 —		
Al_2O_3	0,17 —		
Fe_2O_3	0,24	$Ca_3(PO_4)_2$ calculé	68,20 %
P_2O_5	31,21	$CaCO_3$	6,5 —
CO_2	2,85 —	CaF_2	10,6 —
SO_4	1,07 —		
F.	5,16 —		
Cl.	0,12 —		
Total	100,02 %		

La faune de Lamellibranches (déterminés par L. R. Cox) et de Céphalopodes est composée de : *Ostrea vesicularis* Lmk, *Lopha* cf. *forgemolli* Coq., *Plicatula ferryi* Coq., *Lucina dachelensis* Wanner, *Meretrix rohlfsi* (Quaas). *Libycoceras zitteli*, *Hamites* sp. Elle a conduit Blake à attribuer les couches au Maestrichtien.

Cisjordanie (ou Palestine).

Au-delà du fossé de la mer Morte, en Cisjordanie (ou Palestine), la transgression crétacée est intervenue un peu plus tôt encore que dans la région du Djebel Adjloun. La *Judée* est une large voûte (the « Judean arch » de nos collègues anglais), à axe SSW-NNE. Son cœur est constitué par les calcaires cénomaniens-turoniens, ses flancs plongent sous le Crétacé supérieur. A 50 km au NNE de Jérusalem, l'Ouadi Farah

donne la coupe la plus profonde de la voûte (v. BLAKE, 1935, p. 65). Le Jurassique n'apparaît pas, ni la base du Crétacé ; la coupe, visible à partir du fond du ravin est la suivante :

— grès ferrugineux avec niveaux à Plantes et bois fossiles. . . . . 130 m

Aptien :

dans le haut du grès, *Trigonia distans* CONRAD

— falaise de calcaire blanc récifal (c'est l'équivalent de la « muraille de Blanche » du Liban, à désigner plus correctement sous le nom de « falaise de Djezzine »). . . . . 45 m

— calcaires ferrugineux ocres à rouges. . . . . 45 m

Albien :

— alternances de marnes et de fins lits calcaires, *Knemiceras* sp., Lamellibranches. . . . . 90 m

Cénomanien (incomplet) :

— calcaires à *Orbitolina concava* LMK, *Strombus*, etc.

A l'W de Ramallah (12 km au N de Jérusalem), l'Albien est discordant sur l'Aptien (BLAKE, 1935, p. 64, photo 3).

Ainsi la transgression crétacée s'est-elle établie dans la région de la Judée dès l'Albien et a-t-elle été précédée d'une incursion marine franche à l'Aptien (falaise de Djezzine). La puissance totale de la formation calcaire albienne à turonienne (le « Judea limestone ») est évaluée à 600-1000 m.

La coupe du Crétacé supérieur dans la retombée de la voûte de Judée sur la mer Morte, le long de la route de Jérusalem à Jéricho, a été décrite ainsi (PICARD, L., 1931) :

Sommet des Calcaires turoniens :

Emschérien :

— calcaire crayeux compact (kakhulé), zoné de rose ; Globigérines, Lamellibranches, dont *Pecten* (*Neithea*) *quinquecostatus* ; *Dentalium* sp. p. . . . . . (?) 96 m

Campanien :

— calcaire marneux avec fins lits de silex au sommet, riche faunule de Mollusques, quelques Ammonites, *Dentalium* sp. p. 50-60 m

Maestrichtien :

— alternances de calcaires tendres, de calcaires phosphatiques et de lits de silex, ceux-ci intensément plissotés, Lamellibranches, *Baculites* sp. . . . 120 m

Danien :

— asphalte, craies et marnes gypseuses, zone bréchique bariolée (« mottled zone »). *Pecten obrutus* CONRAD. . . . . max. 90 m

Une succession analogue a été reconnue dans le *Néguev israélien*, mais décrite avec des attributions d'âge quelque peu différentes (REISS, Z., 1952 et 1954, BENTOR, Y. K., 1953), les alternances des gros lits de silex et de craies ou calcaires phosphatés étant attribuées au Campanien. Mais le plus important niveau de phosphate se situe encore, comme à Roseifa, à la limite de la formation à lits de silex et de la craie marneuse gypsifère sus-jacente, attribuée au Maestrichtien ; sa faune de Céphalopodes et de

Poissons [1], identique à celle de Roseifa, lui confère nettement un âge maëstrichtien.

En s'appuyant sur la carte géologique détaillée, Bentor cherche la relation entre la distribution des phosphates et les plissements qui ont commencé à se marquer dès la fin du Cénomanien. Dès cette époque, des anticlinaux ont divisé les nappes d'eau en bassins tantôt reliés entre eux par-dessus des hauts fonds, tantôt séparés par des seuils émergés. Aux sédiments déposés dans les fonds synclinaux correspondent, au-dessus des axes anticlinaux, des sédiments très peu profonds et d'épaisseur réduite ou des lacunes.

La succession dans les synclinaux, à partir du sommet des calcaires cénomaniens se résume ainsi :

Turonien :
— calcaires semblables aux calcaires cénomaniens .... 70 m

Santonien :
— craie blanche .... 50 à 80 m

Campanien :
— calcaire et craie avec lits de silex de quelques centimètres, couches de phosphate dans la partie supérieure, de 0,5 à 8 m, alternant avec les lits de silex .... 60 m

Maëstrichtien :
— craie marneuse, par endroits très riche en gypse, couches légèrement phosphatées .... 100 m

Danien :
— marnes argilo-schisteuses, vert-bleu .... 50-60 m

Éocène inférieur :
— craie avec lits de rognons de silex .... 100 m

Éocène moyen :
— calcaire marmoréen à Nummulites, distribué uniformément sur toute la région.

Vers les flancs des synclinaux, les calcaires turoniens passent à des récifs de Rudistes et se chargent de sable ; la puissance se réduit à quelques mètres au-dessus des anticlinaux. La craie santonienne également devient sableuse et glauconieuse et s'amenuise jusqu'à se terminer en biseau. Le calcaire et la craie campanienne s'effacent progressivement devant des lits de silex de plus en plus épais, atteignant finalement 20-25 cm et formant une suite continue au-dessus des anticlinaux. Le Maëstrichtien, le Danien et l'Éocène inférieur font généralement défaut sur ceux-ci et le calcaire marmoréen éocène moyen y repose ainsi à même et en discordance sur les silex campaniens.

Les descriptions stratigraphiques de Blake pour la Transjordanie, de Picard pour la retombée orientale de la Judée et de Bentor pour le Néguev israélien s'accordent

1. Liste inédite, aimablement communiquée par M. Bentor.

pour placer les principaux niveaux de phosphates dans le haut de la formation à bancs de silex plissotés. Un certain flottement apparaît quant à l'attribution d'âge de cette formation, la tendance prédominante étant de la considérer comme campanienne (PICARD excepté), les niveaux phosphatiques étant cependant attribués au Maëstrichtien (BENTOR excepté [1]). Z. REISS (1952, 1954) s'est attaché à déterminer les successions de microfaunes dans le Crétacé supérieur et le Nummulitique d'Israël, mais malheureusement ne rapporte pas ses descriptions à des coupes de terrain précises.

Liban, Anti-Liban et Damascène.

Les massifs du Liban et de l'Anti-Liban se situent sur le prolongement de la faille ou des failles du fossé de la mer Morte. Ce sont de larges unités structurales, dans la genèse desquelles les mouvements verticaux ont joué un rôle déterminant. Cependant, dans l'Anti-Liban se manifeste déjà nettement une tendance au plissement et, au-delà dans la Damascène, se développent des plis de type jurassien.

Le Liban est orienté SSW-NNE, l'Anti-Liban, légèrement divergeant vers le N, se rapproche de l'orientation SW-NE. Le cœur des deux massifs est constitué d'une puissante suite de dolomies et de calcaires jurassiques, l'enveloppe par des terrains arénacés crétacés inférieurs et des calcaires crétacés moyens. Le Crétacé supérieur et le Tertiaire sont localisés sur le bas des flancs ou dans les dépressions voisines.

Sur le flanc SE de l'Anti-Liban, les calcaires cénomaniens-turoniens plongent sous le Sénonien et l'Éocène marins et sous le Néogène continental. Au-delà du synclinal du Sahl es Sahra, large d'une quinzaine de kilomètres, les calcaires turoniens reparaissent comme noyau du pli du *Djebel Kasyoun* : Damas est construite sur sa retombée SE, abrupte. Ce pli est l'amorce d'un faisceau de plis qui s'étendent vers le NE sur 400 km, jusqu'à l'Euphrate. Palmyre se situe au centre du faisceau, ce qui justifie le nom de *plis palmyréniens*.

Des dolomies et marnes présumées liasiques sont les plus anciens terrains affleurant dans les massifs du Liban et de l'Anti-Liban. Dessus reposent près de 1 700 m de dolomies et de calcaires jurassiques, puis, en discordance insensible, le Crétacé. L'absence des couches terminales du Jurassique sur le flanc NW de l'Hermon (extrémité S de l'Anti-Liban) et en quelques rares points des galets témoignent d'une discrète érosion à la limite du Jurassique et du Crétacé.

La coupe du Crétacé inférieur et moyen de l'Anti-Liban rappelle celle de l'Ouadi Farah en Judée : les coupures adoptées s'appuient sur celles du Liban, soigneusement établies et étayées par une faune plus abondante (DUBERTRET, 1950).

1. Ainsi qu'il a déjà été précisé, la faune de Céphalopodes et de Poissons trouvée par Y. K. BENTOR dans la formation phosphatique conduit à réviser son attribution au Campanien supérieur.

(*bas*) — grès rouge non fossilifère .... 50-200 m
Aptien supérieur :
— banc calcaire récifal clair, équivalent de la « muraille de Blanche » du Liban .... 15-100 m
grès rouge non fossilifère .... 50-100 m
Albien :
alternances de bancs calcaires et de marnes vertes à *Knemiceras* sp., etc. 50 m
Cénomanien :
bancs calcaires finement lités, souvent recristallisés, à patine ocre ..... 500-550 m
Turonien :
alternances de marno-calcaires clairs et de bancs calcaires francs ; *Thomasites Rollandi* THOMAS et PÉRON, *Leoniceras* sp., etc. .... 300 m

Comme en Judée, la grande transgression crétacée s'établit à l'Albien, mais est précédée d'une incursion marine franche à l'Aptien (muraille de Blanche). Le contraste entre le Turonien calcaire franc et le Sénonien crayeux est ici nettement marqué.

De l'Anti-Liban vers le Liban et à travers ce massif jusqu'à l'approche de la côte libanaise, la partie inferieure, arénacée, du Crétacé de l'Anti-Liban passe latéralement à des sédiments franchement marins, mais néritiques, riches en fossiles : alternances d'argiles sableuses, de marnes, de bancs calcaires détritiques ou oolithiques ocres ou de bancs calcaires récifaux clairs, tandis qu'à la base s'ajoutent de nouvelles couches de grès rouge habituellement non fossilifères (HEYBROEK, F., 1942).

Dans les environs de Beyrouth, la coupe de la base du Crétacé est la suivante (DUBERTRET, 1940, 1951, 1953 et 1955).

(*bas*) — grès rouge littoral, rares niveaux d'Huîtres, basalte interstratifié ...... 200-250 m
Aptien inférieur :
— alternances d'argiles gréseuses, de marnes, de bancs calcaires détritiques ou oolithiques ocres, de bancs calcaires récifaux, clairs ; *Orbitolina lenticularis* BLUM., *Heteraster oblongus* BRONGN. race *syriaca* VAUTRIN, *Trigonia syriaca* FRAAS (non CONRAD), *Pecten* (*Neithea*) *quinquecostata* SOW., *Glauconia* spp., *Nerinea* spp., *Nerinella* spp., *Nautilus lallieri* D'ORB., *Douvilleiceras* sp., etc.
Aptien supérieur :
banc calcaire récifal blanc, dit « muraille de Blanche » (à appeler plus correctement « falaise de Djezzine ») ; *Heteraster oblongus* race *syriaca*, *Toucasia* sp., au sommet, niveau à *Orbitolina lenticularis* .... 60-80 m
grès, marnes, fins bancs calcaires, grès à oolithes d'hématite, cinérites ; *Orbitolina conoidea-discoidea* A. GRAS, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Heteraster oblongus* race *syriaca*, *Horiopleura lamberti* MUN. CHAL., *Eoradiolites* CONRAD .... 40 m
Total environ .... 500 m

Au-dessus, l'Albien constitue la base du Crétacé calcaire.

Albien :
— alternances de bancs calcaires et de marnes vertes ; *Orbitolina conica* (D'ARCH.), *Heteraster delgadoi* DE LORIOL, *Exogyra flabellata* GOLDF., *Pecten* (*Neithea*) *shawi* PERV., *Trigonia undulocostata* BLANCKENH., *Strombus incertus* D'ORB., *Nerinea* spp., *Knemiceras* spp., *Engonoceras* spp .... 120-150 m

(Les *Knemiceras* sont associés, dans le massif du Moghara, Sinaï, à *Douvilleiceras mamillare* SCHLOTH. et *Desmoceras beudanti* BRUG., formes typiquement albiennes).

Cénomanien :

— alternances de bandes marno-calcaires et de bancs calcaires finement lités, le calcaire tendant à prédominer dans le haut : *Orbitolina concava* LMK, *Hemiaster* spp., *Exogyra columba* LMK, *E. flabellata* GOLDF., *E. africana* LMK, *Caprinula cedrorum* BLANCKENH., *Caprina adversa* D'ORB., *Eoradiolites lyratus* CONR., *Eoradiolites maroni* DOUV., *Biradiolites* spp., *Praeradiolites* spp., *Pileolus* spp., *Nerinea* spp., *Actaeonella* spp., *Acanthoceras* spp. .... 660 m

Turonien :

— marno-calcaires et calcaires récifaux faisant suite, presque sans contraste, aux calcaires cénomaniens ; abondante faune d'Échinides, *Chondrodonta joannae* CHOFFAT, *Hippurites* (*Hippuritella*) *resectus* DEF., *H.* (*H.*) *libanus* DOUV., *H.* (*H.*) *grossouvrei* DOUV., *Durania laevis* DOUV., *Natica* (*Cepatia* ?) *amchitensis* DELPEY, *Nerinea schiosensis* PIRONA, *Actaeonella* spp., *Acanthoceras* aff. *deverianum* D'ORB., *Coelopoceras lesseli* BRÜGGEN, *Thomasites Rollandi* TH. et PÉR., *Th. jordani* PERV., *Mammites* spp., *Leoniceras* spp., etc. .... 200 m env.

La monotonie de développement du Cénomanien suggère un dépôt sous une nappe d'eau douce d'une certaine profondeur, recouvrant la région uniformément.

Le Turonien n'est pas connu sur les hauts plateaux du Liban : il contraste avec le Cénomanien par ses variations lithologiques latérales. Enfin au-dessus de la côte septentrionale du Liban, des brèches intraformationnelles grossières, voire des paquets de galets se trouvent à sa base. Ces faits suggèrent un début de surrection du massif du Liban dès la fin du Turonien.

Ainsi la région du Liban se différencie-t-elle par une certaine avance de la transgression crétacée, puisqu'elle tendait à s'y établir dès l'Aptien; la genèse du massif était amorcée dès la fin du Cénomanien, alors qu'au Turonien la mer continuait à s'étendre dans le S de la Jordanie. La montée du massif n'était d'ailleurs pas un phénomène général, puisque dans la Damascène a subsisté jusqu'à la fin de l'Éocène un bassin marin d'une certaine profondeur.

Le versant NW, doux, du pli du Djebel Kasyoun montre en effet au-dessus des calcaires turoniens une série de 1 300 m de craies à Globigérines, à peine interrompue par quelques bancs calcaires à Nummulites et coiffée par une dalle calcaire récifale éocène supérieure (DUBERTRET, 1949 et 1955) :

Sénonien : (? 500 m)

— calcaires crayeux ;
— bancs siliceux ;
— craie tendre à *Baculites*.

Yprésien-Lutétien :

— premier banc calcaire, avec rognons de silex ; *Nummulites irregularis* DESH., *N. globulus* LEYM., *N. guettardi* D'ARCH., *N. gallensis* B et A A. HEIM, *N. atacicus* LEYM., *Operculina ammonea* LEYM. .... 15 m

— craies à Globigérines	300 m
— deuxième banc calcaire ; *N. irregularis*, *N. gizehensis* FORSKAL (d = 20 mm), *Heterostegina* sp., *Lithothamnium*	20 m
— craie à Globigérines	450 m
— alternances de craies et de bancs calcaires tendres, *N. gizehensis* (d = 60 mm)	20 m
Éocène supérieur :	
— gros bancs de calcaire marmoréen bréchique, raviné par le Néogène continental ; *N. incrassatus* B et A DE LA H., *Orthophragmina*	20 m
Puissance totale de l'Éocène	825 m

Le Nummulitique crayeux à Globigérines de la Damascène a été déposé dans une fosse justaposée aux reliefs de l'Anti-Liban. Vers ceux-ci la craie passe à du calcaire à Nummulites et c'est ainsi qu'à la réapparition de l'Éocène au-delà du synclinal du Sahl es-Sahra, en bordure de l'Anti-Liban, la série est franchement calcaire. De même le banc calcaire éocène supérieur coiffant la série à Doumar représente-t-il un dépôt littoral précédant immédiatement l'émersion.

Le Nummulitique de la Damascène est donc exclusivement développé dans des faciès crayeux à Globigérines ou calcaire à Nummulites.

La carrière de la cimenterie de Doumar, d'où provient une partie des Poissons décrits dans ce mémoire, est ouverte dans le haut des craies à Globigérines comprises entre les bancs à *N. gizehensis* à $d = 20$ mm et $d = 60$ mm.

La gangue des squelettes et dents de Poissons est une marne crayeuse blanche, de faciès exclusivement pélagique, à microfaune planctonique abondante.

La Palmyrène et le Hamad.

La chaîne des massifs du Liban, de l'Anti-Liban et des Alaouites suit le prolongement sensiblement méridien des cassures du fossé de la mer Morte, à proximité de la côte méditerranéenne. L'arrière-pays, de caractère aride, ne présente que des reliefs atténués, c'est un plateau parcouru par des lignes ou des faisceaux de plis orientés grossièrement concentriquement aux chaînes du Taurus et du Zagros.

Tel est le faisceau de plis qui de la Damascène, des flancs de l'Anti-Liban et du Djebel Kasyoun, s'avance vers le NE sur 400 km de longueur et s'efface à l'approche de la vallée de l'Euphrate.

Comme les vagues s'effacent le long d'une plage, ce faisceau de plis s'efface vers le SE le long d'une ligne nette et au-delà s'étend le plateau désertique pierreux du *Hamad*. Sur cette limite et à 220 km au NE de Damas se situe l'oasis de *Palmyre* et à 80 km au-delà le petit village de *Soukhné*. Palmyre fut dans l'Antiquité le relais des caravanes se rendant des côtes méditerranéennes en basse Mésopotamie.

Aujourd'hui, la grande voie transdésertique se dirige de Damas directement vers l'E, à travers le Hamad. Elle franchit la frontière syro-irakienne à proximité de la

butte basaltique du Djebel Tenf, située à 220 km à l'E de Damas et son relais est le poste de Rutbah, en territoire irakien, à 160 km à l'E du Djebel Tenf.

Depuis Damas jusqu'à hauteur de Soukhné, les plissements palmyréniens ont pour cœur des dolomies et calcaires cénomaniens-turoniens ; la craie sénonienne enveloppe les flancs, tandis que le Nummulitique marin et le Néogène continental occupent les synclinaux. Au-delà de Soukhné, le faisceau s'ennoie d'abord sous des craies sénoniennes et éocènes et des calcaires gréseux oligocènes, puis sous des calcaires et gypses miocènes. Le Hamad est essentiellement le domaine du Nummulitique jusqu'aux abord de la vallée de l'Euphrate. Cependant, la carte géologique montre que Rutbah se situe sur un bombement du socle qui, dans la cuvette de la Ga'ara, fait affleurer du Trias moyen et autour une large auréole de Jurassique et de Crétacé (Dubertret, 1959).

Certains plissements de la Palmyrène sont ouverts jusqu'à la base du Crétacé. Il est donc possible d'observer à l'affleurement le développement du Crétacé inférieur et moyen dans la Palmyrène et la région de Rutbah. Un petit brachyanticlinal à Soukhné et les abords de la piste transdésertique Damas-Baghdad donnent un aperçu sur le Crétacé supérieur. Dans le Hamad tabulaire il est difficile d'observer des coupes, des marnes lacustres et des alluvions néogènes et quaternaires couvrant de grandes étendues, en sorte que les affleurements sont fort dispersés. Heureusement une tentative de créer au Djebel Tenf un relais complémentaire sur la piste transdésertique a conduit à y forer un sondage de recherche d'eau jusqu'à 151 m de profondeur. L'eau n'a pas été trouvée, mais le carottage du forage a fourni une excellente coupe de terrains s'étendant depuis le Campanien jusque dans l'Yprésien. Ces matériaux ont été étudiés avec soin en collaboration par M. Lys, du Laboratoire de micropaléontologie de l'Institut Français du Pétrole (Paris) et par G. Renouard, géologue de la Compagnie Libanaise des Pétroles (Beyrouth) (Lys et Renouard, 1951).

La stratigraphie de la région de Rutbah a été étudiée à l'affleurement et sur carottes de forages par les géologues de l'Iraq Petroleum Company. A. Wetzel a fait le travail de terrain, H. V. Dunnington a déterminé les microfaunes et consigné les résultats dans le Lexique Stratigraphique International (vol. III, Asie ; fasc. 10 *a*, Irak).

A 80 km au SW de Palmyre, un relais dans le faisceau des plis palmyréniens donne un passage de l'intérieur de la zone plissée, de Karyateïn vers le Hamad : là se trouve le puits de *Bassiri*.

A une vingtaine de kilomètres au SW, au pied du plissement principal, s'élève une butte basse, le *Djebel Rmah*, noyau d'un pli. Les plus basses couches du Crétacé y sont visibles (Dubertret, Vautrin, 1937 *b*) :

(*bas*)	— bancs de dolomie fine, grise, de base invisible........................	15 m
	— bancs de dolomie grossière, à patine sombre, cassure claire...........	15 m
	— *sable* rouge et *cinérite* pourpre	
	— sable blanc...	1 m
	— grès à ciment calcaire	

	— banc de dolomie fine, jaune	7 m
	— *basalte* et *cinérite* pourpre	env. 7 m
	— dolomie alternant avec de la dolomie marneuse, puis suite de calcaire dolomitique à faune cénomanienne	100–150 m jusqu'à la crête

Au NE de Bir Bassiri, dans le Djebel Khneizir, à *Aïn Houlé*, le cœur du pli principal est formé de gypse ; au dessus la coupe est analogue à la précédente :

(*bas*)	noyau gypseux comportant de fines plaquettes calcaires en lits irréguliers et des paquets de marne argileuse d'un brun verdâtre ;	
	gros bancs de calcaire dolomitique compact, bleuté, bréchique et plus clair au sommet ;	
	— grès ocre et cinérites ;	
	calcaire et marne calcaire jaune alternants, à faune cénomanienne	150 m

Sur le bord N de la cuvette de Palmyre, au *Djebel Mohammed Ibn Ali* et au *Qualaat el Herri*, apparaissent les mêmes terrains (Vautrin, H., inédit) :

(*bas*)	— gypse	
	— calcaire fin en plaquettes, gris	7 m
	dolomie marneuse, tendre, en fins bancs	30 m
	— dolomie dure, foncée, en gros bancs	10 m
	grès violets ; concrétions siliceuses	25 m
	— dolomie marneuse avec intercalations de marne gypseuse, fossilifère	80 m
	— gros bancs de dolomie sombre	40 m
	dolomies claires à stratification confuse, etc	60 m

L'identification précise du niveau de ces terrains est difficile en raison de la pauvreté en restes fossiles ; la partie arénacée représente vraisemblablement l'Aptien, peut-être aussi l'Albien.

Des forages profonds (*Cherrifé* à 75 km à l'W de Palmyre et *Doubayat* à 60 km à l'ENE) ont rencontré, comme équivalent du gypse de surface, de l'anhydrite (respectivement 61 m et 209 m), situé approximativement à la limite du Jurassique et du Crétacé.

L'alternance de grès, de basalte et de cinérite et de bancs dolomitiques rappelle l'Aptien du Liban, tandis que les alternances de bancs dolomitiques et de marnes gypseuses verdâtres font penser à l'Albien.

La puissance de la série calcaire et dolomitique sus-jacente est de l'ordre de 100 m (514 m à Cherrifé, 330 m à Doubayat). Vu la rareté des fossiles, ni l'Albien ni le Turonien n'ont été séparés du Cénomanien.

Le Sénonien de Soukhné (fig. 2). — La rareté des fossiles dans la série calcaire et dolomitique du Crétacé a non seulement empêché de la subdiviser systématiquement, mais elle pose aussi la question de la coupure Turonien-Sénonien.

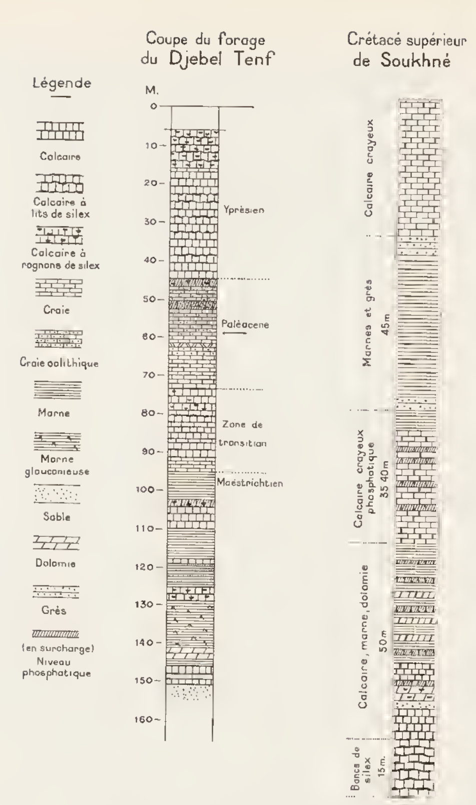


FIG. 2. — COUPES STRATIGRAPHIQUES A SOUKHNÉ ET AU DJEBEL TENF, AU MILLIÈME.

Dans la Palmyrène succèdent aux dolomies franches des parties hautes du Turonien toute une série de calcaires crayeux et de dolomies, où le développement de silex et de phosphates témoigne d'une tendance à l'émersion. A ce niveau ont été trouvés d'une part une Ammonite emschérienne, d'autre part, un peu plus haut, des Ostréidés campaniens. La limite Turonien-Sénonien sera placée à l'apparition des bancs massifs de silex.

Dans le paysage, les bancs inférieurs du Sénonien font corps avec les dolomies et calcaires de la partie moyenne du Crétacé.

C'est ainsi qu'un petit brachyanticlinal à Soukhné montre un noyau de dolomies à patine brune, constitué par les couches inférieures du Sénonien (Vautrin, 1933) :

(*bas*)		
(?) Emschérien :		
— alternances de silex rosé et verdâtre, en bancs de plusieurs mètres, et de lits marno-calcaires phosphatés, pétris de débris de Poissons ou de calcaire phosphaté dur		15 m
bancs calcaires de 2 m, calcédoine au sommet	8	
— grès grossier	2 m	
— calcaire dolomitisé chamois, à rognons de silex	4 m	20 m
— lit de calcaire phosphaté, calcédoine bleutée	1 m	
— calcaire cristallin grenu ; grosses *Ostrea nicaisei* Coq.	5 m	
(?) Campanien :		
— marnes calcaires bleutées en feuillets irréguliers, intercalations de bancs de dolomie grise ou de calcaire phosphatique, calcédoine ; *Alectryonia aucapitanei* Coq., *Ostrea villei* Coq.		
calcaire crayeux en plaquettes, blanc	5 m	
— calcaire crayeux jaunâtre à restes de Poissons, intercalations de *phosphate tendre*	25 m	40 m
marne esquilleuse blanche	10 m	
bancs de grès grossier silicifié		
— marne gypseuse verdâtre avec intercalations de lits de marne bleutée de 0,20 m, distants de 1 à 1,50 m dans le bas, devenant plus clairsemées vers le haut		40 m
(?) Maëstrichtien :		
— grès grossiers, glauconieux, nodules de phosphate, dents de Squales		5 m
— calcaires crayeux et craies à Globigérines : (?) plusieurs centaines de mètres.		

Une incertitude subsiste quant aux subdivisions du Sénonien de Soukhné, mais on reconnaît, comme en Transjordanie, en Judée et dans le Néguev, un Sénonien inférieur de faciès très peu profond, comprenant du grès grossier et des phosphates tendres, et un Sénonien supérieur plus franchement marin.

La coupe est à confronter avec celle donnée par le *forage* du *Djebel Tenf* (fig. 2). Celle-ci est la suivante (lithologie notée sur le vu du carottage complet, répartition des Microforaminifères d'après M. Lys et G. Renouard, 1951, Nummulites déterminées par Mme H. de Cizancourt, 1934 et Mme L. Dubertret, 1937) :

Surface — 6 m — alluvions récentes,

Yprésien :

6- 47 m — calcaire avec lits et rognons de silex, niveaux phosphatiques à débris de Poissons ;
à 17 m, lit de craie tendre rose ;
à 33 m, *Nummulites planulatus* Lmk (dét. Mme de Cizancourt) ;
à 38 m, *Nummulites nitidus* de la H. (dét. Mme Dubertret) ;
à 47 m, calcaire phosphaté microbréchique à écailles et arêtes de Poissons.

Paléocène :

47- 74 m — calcaire crayeux oolithique avec lits de silex oolithiques ;
à 52 m, calcaire phosphaté ;
de 58-60 m, *microfaune typiquement paléocène* ;
à 62 m, fragments de Lamellibranches et Gastéropodes, dents de Squales ;
à 67 m, Ostracodes.

Zone de transition :

74- 93 m — calcaire dur, rares silex, niveaux crayeux ou oolithiques ;
à 79 m, *Characées* abondantes ;
à 84 m, quelques Globigérines déformées indéterminables.

Maëstrichtien typique :

93-103 m — craie et marne grise, silex noirs, arêtes, écailles et dents de Poissons, abondante microfaune typiquement maëstrichtienne (elle disparaît brusquement au-dessus de 93 m).

Maëstrichtien-Campanien :

104-154 m de 104-105 m, calcaire et silex oolithiques phosphatés ;
105-111 m, calcaire dur, de grain fin, silex noirs ;
111-120 m, marne gris sombre, silex noirs à fragments anguleux, écailles de Poissons ;
120-125 m, marne grise, sableuse ;
125-130 m, calcaire marneux jaune ; à 128 m, Huîtres ;
130-140 m, marne sableuse et glauconieuse ;
140-142 m, marne argileuse fine, jaune ;
142-145 m, calcaire dolomitique jaunâtre, coquilles brisées ;
145-147 m, marne argileuse jaune, fine ;
147-149 m, calcaire blanc emballant des grains de quartz roulés, Huîtres ;
149-154 m, grès siliceux avec gravillons de quartz, niveau calcaire saccharoïde.

Les grès grossiers rencontrés dans le bas du forage et les Huîtres des bancs calcaires associés rappellent le Campanien de Soukhné. Depuis le fond jusqu'à 104 m de profondeur, il n'y a pas de microfaunes qui permettraient de tracer une limite entre le Campanien et le Maëstrichtien.

Le Maëstrichtien typique de 103 à 93 m est caractérisé par l'association :

Ventrilabrella carseyae Plummer
Pseudotextularia varians Rzehak
Planoglobulina acervulinoides (Egger)
Gumbelina ultimatumida White
— *globocarinata* Cushm.

Gumbelina pseudotessera Cushm.
— *plummerae* Loett.
— *globosa* (Ehr)
— *reussi* Cushm.
Globotruncana stuarti (de Lapp.)
— *rosetta* Carsey
— cf. *G. arca* Cushm.
Rugoglobigerina gr. *macrocephala* Bronn.

Dans la zone de transition est à noter la présence de graines de *Chara*, indice d'une intrusion d'eaux douces.

Le Paléocène typique est caractérisé par une microfaune qui appartient à la zone des *Globorotalia* (*Truncorotalia*) :

Globorotalia (Tr.) *velascoensis* (Cushm)
— *caucasica* (Glaessner)
— *acuta* Toulmin
compressa (Plummer)
Globigerina pseudobulloides Plummer (rare)
— *triloculinoides* Plummer
Loxostoma applinae (Plummer)
Siphonina prima Plummer
Frondicularia cf. *phosphatica* Russo
Valvulineria cf. *V. ravni* Brotzen
Vaginulina robusta Plummer

Au-dessus de 47 m apparaissent une microfaune à *Uvigerina*, *Hantkenina*, *Robulus incisus* Lys et tout un ensemble d'espèces appartenant à l'Yprésien, parmi lesquelles *Nummulites nitidus* de la H. à 38 m et *N. planulatus* Lmk à 33 m. Il n'est pas possible de préciser si l'Éocène moyen est représenté au sommet du forage.

Région de Rutbah.

Les formations recoupées par le forage du Djebel Tenf viennent à l'affleurement à une centaine de km à l'ESE, le long de la grande *piste transdésertique*. De ces affleurements proviennent les faunes de Poissons et Reptiles maëstrichtienne et éocène inférieure décrites dans ce Mémoire comme provenant des environs de Rutbah. En suivant la piste de Rutbah vers le Djebel Tenf, on rencontre sucessivement :

— km 5, sur les berges d'un oued au fond du cirque, sable grossier ; un peu plus loin, des collines précédant une falaise montrent, au-dessus d'un grès du type du grès crétacé inférieur, des calcaires à gros cristaux de calcite, apparemment lacustre.
— km 16, même coupe.
— km 17, la piste traverse un col dans une suite de fins bancs de calcaire lacustre.
— km 28, la piste traverse le pipe-line Kirkuk-Méditerranée ; calcaire lacustre sili-

cifié (meulière et gros rognons de silex), à graines de *Chara* [1] magnifiques ; un niveau calcaire à Radiolitidés de quelques décimètres est intercalé dans le lacustre.

— à partir du km 36, on a l'impression d'être au-dessus de la formation lacustre.

— km 42, à 1 km au S de la piste, un affleurement de marnes jaune clair, sur la berge d'un oued, attire l'attention ; la marne est surmontée d'un calcaire à gros rognons de silex, avec fins niveaux sableux phosphatés, riches en dents de Poissons et de Reptiles et contenant en outre des fragments de Tortues : c'est le gisement de la faune *maëstrichtienne.*

— km 50, une falaise à droite de la piste est formée d'épais bancs de calcite, à gros rognons de silex phosphatés, oolithiques, rappelant l'Éocène inférieur.

— km 53, falaise calcaire avec niveaux de grès quartziteux et silex, dents de Poissons : c'est le gisement de la faune *éocène inférieure.*

Région N de Rutbah (²). — La Ga'ara est une dépression située à une cinquantaine de km au N de Rutbah, encaissée d'une cinquantaine de mètres dans le plateau désertique et mesurant 10 km d'W en E, 15-20 km du N au S.

Son fond est constitué par un grès triasique moyen (*Ga'ara sandstone*). Son cirque de falaises et les alentours donnent la coupe stratigraphique jusqu'aux terrains éocènes inférieurs.

Sur le grès triasique moyen repose, en discordance légère, un autre grès semblable. Entre les deux s'indente, à quelque distance à l'E, une formation marine triasique supérieure (*Mulussa formation*). D'autre part sur le grès supérieur est transgressif du calcaire cénomanien ; son épaisseur atteint 25 m (c'est le *Rutbah sandstone*).

Ce grès supérieur passe insensiblement à des alternances de calcaires marins peu profonds, calcaires récifaux, brèches coquillères, calcaires détritiques, calcaires crayeux chamois ou blancs, de marne rosée, de marne sableuse et de sable. La microfaune, comprenant *Meandropsina* cf. *vidali* SCHLUMB., *Cuneolina* cf. *cylindrica* HENSON, *Dicyclina* cf. *qatarensis* HENSON, de rares *Praealveolina*, *Begia* spp., *Pseudochrysalidina conica* (HENSON) et *Taberina* cf. *bingistani* (HENSON), indiquerait un âge cénomanien supérieur. Les macrofossiles fréquents sont *Eoradiolites lyratus* CONRAD, *Caprinula* sp., *Nerinea cretacea* CONRAD, *N.* cf. *gemmifera* CONRAD. Dans la région de la Ga'ara, cette formation cénomanienne repose par places à même le grès triasique moyen ; sa puissance est de 65 m (elle a été appelée *M'sad formation*).

Une surface d'érosion recoupe la formation calcaire cénomanienne et sur celle-ci repose directement une formation calcaire maëstrichtienne. Elle débute par un con-

1. Si les Characées se développent exceptionnellement dans les eaux saumâtres et même franchement salées (il en existe dans la mer Baltique), leur milieu habituel est l'eau douce. Dans le cas présent, le faciès de la roche contribue à indiquer qu'il ne s'agit pas d'une formation proprement marine.

2. R. C. VAN BELLEN, H. V. DUNNINGTON, R. WETZEL et D. M. MORTON, 1958.

glomérat de base, est plus compacte dans sa partie inférieure et est constituée de calcaire rugueux et poreux, blanc, chamois ou rose, plutôt crayeux, recristallisé, dolomitisé, localement sableux et fossilifère ; *Loftusia morgani* Douv., *Omphalocyclus macropora* (Lmk) ; sa puissance atteint 48 m (c'est le *Tayarat limestone*).

Une nouvelle surface d'érosion recoupe le calcaire maëstrichtien et entame au-dessous le calcaire cénomanien, voire le grès supérieur (triasique supérieur à Cénomanien) ; dessus suit une formation paléocène, de faciès analogue aux assises de base du Sénonien de Soukhné : alternances de bancs de silex, de calcaire crayeux et phosphatique, souvent oolithique et riche en restes de Poissons (*Umm er Radhuma formation*).

Le calcaire Cénomanien supérieur de la Ga'ara est à identifier avec la formation calcaire lacustre à intercalations de calcaire marin à *Eoradiolites lyratus* du km 28 de la piste Rutbah-Djebel Tenf. Ainsi, dans la région de Rutbah, la transgression crétacée intervient au Cénomanien supérieur et elle progresse sur un fond gréseux, comme en Jordanie du S ; mais des nappes d'eau douce voisinent avec la mer de sorte qu'alternent des meulieres typiquement lacustres, caractérisées par des graines de *Chara*, et du calcaire à Rudistes, franchement marin. Le Turonien ne paraît pas être représenté dans la région.

La présence de Sénonien inférieur, probablement du Campanien, se manifeste dans la région du Djebel-Tenf par des grès grossiers et des calcaires à Huîtres, mais ces dépôts n'ont pas d'équivalent dans la région de Rutbah.

Le Maëstrichtien nettement caractérisé dans le forage du Djebel Tenf, au km 28 de la piste Rutbah-Damas, et dans la région de la Ga'ara, présente des faciès variés; calcaire et craie, marne grise, en partie oolithique au Djebel Tenf, calcaire à gros rognons de silex avec fins niveaux sableux phosphatés au km 28 à l'W de Rutbah, conglomérats, calcaires et sables, sur le pourtour de la Ga'ara. Les débris de Poissons et de Reptiles y sont fréquents.

Tandis qu'une zone de transition à Characées relie le Maëstrichtien du Djebel Tenf au Paléocène sus-jacent, le Paléocène du pourtour ainsi que l'Éocène supérieur de toute la région sont développés dans des faciès calcaires à lits de rognons de silex; ils sont riches en restes de Poissons.

Tableau d'ensemble.

La confrontation des diverses données sur la stratigraphie du Crétacé et du Nummulitique de la marge NW de la péninsule Arabique devrait révéler la paléogéographie propre aux couches à phosphates, riches en restes de Vertébrés.

Une phase orogénique, dont l'ampleur reste encore mal appréciée, a mis fin à la sédimentation calcaire jurassique du N de la Jordanie, du Liban et de l'Anti-Liban. Elle est marquée en particulier par du volcanisme basaltique dans le Liban N, depuis le Lusitanien jusqu'à la fin de l'Aptien (jusqu'à la grande transgression de l'Albien).

Une certaine érosion est intervenue au début du Crétacé. La région de l'Hermon (extrémité S de l'Anti-Liban) a été décapée jusqu'au niveau des calcaires bathoniens. Dans l'Anti-Liban et le Liban central, une érosion plus discrète est cependant confirmée par des niveaux de galets localisés au sommet du Jurassique (Zebdani) ou dans. la base du Crétacé (Djebel Sannine).

Dans toute l'étendue de la marge NW de la péninsule Arabique, à l'exception de la région Alaouite, le Crétacé débute par des grès rouges : en Jordanie, ils sont sans doute en partie d'origine torrentielle ou dunaire, au Liban et dans l'Anti-Liban, il s'agit essentiellement de sables littoraux comportant de rares niveaux à Huîtres (environs de Beyrouth).

La trangression crétacée a donc progressé généralement sur un fond sableux ou gréseux. Elle a atteint le Liban central dès l'Aptien, et dès cette époque a débordé temporairement sur l'Anti-Liban et la Judée, comme en témoigne la « muraille de Blanche ». La réapparition de grès jusqu'au sommet de l'Aptien montre que ce début de transgression est resté hésitant et que même au Liban le régime marin ne s'est établi franchement qu'à l'Albien. La mer s'est étendue alors vers la Palmyréne, tandis qu'elle n'a fait dans le N de la Jordanie qu'une incursion passagère (niveau albien isolé au sein des grès). Elle a continué à s'étendre au Cénomanien, mais n'a atteint qu'au Cénomanien supérieur la région de Rutbah et le S de la Jordanie. Dans la région de Rutbah elle voisinait avec des nappes d'eau douce ou saumâtres (calcaire et meulière à graines de *Chara*).

Les dépôts de cette transgression crétacée débutent par des alternances d'argiles sableuses, de fins bancs calcaires et de marnes ; puis suivent des alternances de marno-calcaires à rognons de silex ou géodes de quartz et de bancs calcaires francs à Huîtres, Rudistes, Nérinées, Ammonites. Les sédiments finement lités, de patine ocre, sont distribués avec grande régularité.

A la fin du Cénomanien s'amorce la genèse des reliefs actuels ; au Liban comme dans le Néguev israélien, la sédimentation montre désormais une certaine dépendance de formes structurales, qui, par la suite, ont donné les unités structurales actuelles. Elle ne change cependant pas profondément de caractère, mais les récifs semblent avoir une distribution plus précise. Le Liban a peut-être émergé comme île plate au Turonien : les marnes et calcaires turoniens, communs sur ses flancs, n'ont jamais été identifiés sur les hauts plateaux. Peut-être ce début d'orogénèse a-t-il également provoqué l'émersion du bombement de la Ga'ara, où le Turonien ne paraît pas être représenté. Mais dans le S de la Jordanie, la mer continuait à s'étendre.

D'une façon brusque la sédimentation s'est modifiée à la limite du Turonien et du Sénonien; le sédiment type des bassins d'une certaine profondeur est désormais la craie à Globigérines ; mais. à côté, coexistent des faciès littoraux calcaires ou des dépôts d'eaux très peu profondes : grès, craies et calcaires oolithiques, bancs et rognons de silex, phosphates.

La stratigraphie du Sénonien et du Nummulitique est moins bien connue que celle

de la partie moyenne, calcaire, du Crétacé, parce que la rareté des macrofossiles ne permet pas de la suivre dans le détail sur le terrain et que l'observation des successions de microfaunes ne porte que sur des coupes isolées. De même la distribution des divers sédiments, qui est complexe parce qu'elle dépend de formes structurales en voie d'évolution, est-elle mal connue en l'absence de cartes géologiques détaillées.

Les faits suivants peuvent être notés :

Le Sénonien repose sur le Turonien le plus souvent en concordance apparente. Pourtant l'emboîtement du Santonien dans les synclinaux du Turonien du Néguev israëlien ne représente déjà plus une concordance parfaite. Et dans la région de la Ga'ara, le Maëstrichtien, représentant seul le Sénonien, est transgressif et débute par un conglomérat de base.

Bien que le Sénonien soit généralement en net contraste lithologique avec le Turonien, le faciès calcaire du Cénomanien-Turonien peut se prolonger localement dans le Santonien, comme en Jordanie, où le « Judea limestone », partie calcaire du Crétacé, est d'âge santonien à son sommet. Morphologiquement les premières assises du Sénonien font alors corps avec le Cénomanien-Turonien. En examinant de près ces calcaires santoniens, on y découvre le plus souvent de la glauconie, voire des niveaux à nodules de phosphate et dents de Poissons. A Soukhné, ce sont des alternances de bancs de silex et de calcaire phosphatique qui annoncent l'âge sénonien des quelque 20 mètres de calcaire dolomitique formant le noyau du brachyanticlinal et que, d'après l'aspect, on serait tenté de considérer comme turonien.

Un doute est permis quant aux subdivisions du Sénonien proposées par les divers auteurs, mais leurs observations convergent à montrer qu'au-dessus des couches de transition du Turonien au Sénonien succèdent d'abord un complexe de couches, comprenant le Campanien, de faciès peu profond, puis une formation essentiellement maëstrichtienne, plus franchement marine. Des alternances de bancs de silex et de calcaire plus ou moins phosphatique en Transjordanie, sur le versant oriental de la Judée et dans le Néguev israëlien, une formation semblable, mais emschérienne et du grès campanien à Soukhné, des grès campaniens au Djebel Tenf, représentent la partie inférieure, de faciès peu profond, du Sénonien ; dans la région de la Ga'ara lui correspond une lacune. Des craies, passant au Djebel Tenf à des marnes grises à abondants restes de Poissons, et dans la Ga'ara à une formation transgressive, calcaire et arénacée, également riche en restes de Poissons, représentent le Maëstrichtien.

Les gisements de phosphate de Roseifa et du Néguev israëlien, d'âge incontestablement maëstrichtien, d'après leur faune de Céphalopodes et de Vertébrés, se situent à la limite des deux parties du Sénonien (dans le haut de la formation à bancs de silex).

Dans ce tableau un peu simple, le Maëstrichtien de la Ga'ara, déposé en eau très peu profonde, occupe une place spéciale : son milieu de dépôt peut être comparé à celui du Campanien de Soukhné.

L'orogénèse amorcée à la fin du Cénomanien a donc repris à la fin du Turonien en faisant apparaître tout un groupe de sédiments nouveaux, inconnus dans le Crétacé plus ancien : la craie dans les eaux d'une certaine profondeur, des grès, calcaires gréseux, bancs de silex, calcaires oolithiques, calcaires phosphatiques dans les eaux peu profondes. La distribution de ces sédiments est commandée par la tectonique.

Une discontinuité faunistique ou stratigraphique marque le sommet du Maëstrichtien ; le Nummulitique repose dans l'ensemble sur une surface d'érosion. Dans le Néguev israëlien, au-dessus des aires anticlinales, l'Éocène transgresse sur les bancs de silex campaniens redressés. Sur le pourtour de l'Anti-Liban, l'extrême variabilité de l'épaisseur du Sénonien dénote une érosion précédant le dépôt du Nummulitique. Au Djebel Tenf, le Maëstrichtien est séparé du Paléocène par des couches de transition à Characées abondantes, donc en partie lacustres. Enfin, dans la région de la Ga'ara, le Paléocène repose sur une surface d'érosion qui a décapé jusqu'au niveau des grès triasiques moyens.

Le Nummulitique montre plus clairement que le Sénonien le contraste entre les bassins de sédimentation d'une certaine profondeur et à rivages francs et des hauts-fonds largement étalés.

La Damascène est un exemple d'un bassin profond, juxtaposé aux reliefs de l'Anti-Liban, dans lequel la sédimentation est restée crayeuse pendant tout l'Éocène inférieur et moyen et n'est devenue calcaire qu'à l'Éocène supérieur, immédiatement avant l'émersion. Vers le littoral longeant le versant de l'Anti-Liban se sont formés des calcaires récifaux pétris de Nummulites.

En Transjordanie et dans le Hamad syro-irakien, le Paléocène et l'Éocène inférieur sont développés dans un faciés de calcaires à bancs de silex, riches en restes de Poissons, qui rappellent la formation à bancs de silex du Campanien de la Jordanie et d'Israël ; l'Éocène moyen est crayeux ou calcaire à Nummulites.

Conclusions

Malgré les lacunes et l'imprécision des données stratigraphiques de détail, quelques faits majeurs se dégagent.

Le Crétacé a débuté par une période de dépôt de sable. Celui-ci était apporté vers la Jordanie, peut-être aussi vers le Hamad syro-irakien, par des cours d'eau dont le bassin de réception s'étendait sur la couverture de grès paléozoïques, triasiques et jurassiques recouvrant le socle et peut-être atteignait des régions où ce socle était à nu. Cet apport fluviatile pouvait alimenter des dunes. Dans la région du Liban et de l'Anti-Liban le sable venait de la mer, car il s'est étendu progressivement en précédant la transgression marine ; du littoral, des dunes pouvaient s'avancer vers l'intérieur.

L'actuel Nil, son delta en particulier, offre des paysages qui font songer à ces débuts du Crétacé.

La transgression crétacée s'est étendue progressivement depuis l'Aptien jusqu'au Turonien, comme conséquence de mouvements verticaux de caractère régional. La régularité de la distribution de ses sédiments indique que la nappe d'eau devait elle-même être très régulière ; d'une côte plate, elle devait s'approfondir insensiblement vers le large. Au Turonien une certaine variété commence à se manifester par suite d'un début d'orogénèse. Mais, depuis le début de la transgression franche jusqu'à la fin du Turonien, les sédiments ont été des marno-calcaires et des calcaires à Échinides, Huîtres, Rudistes, etc.

Le contraste est frappant entre la lente transgression crétacée et le brusque changement de faciès au début du Sénonien. Nous savons que les nappes d'eau qui recouvraient la marge NW de la péninsule Arabique n'étaient plus librement ouvertes sur la haute mer. La rangée des massifs de la bordure méditerranéenne, Judée, Liban, Anti-Liban, Alaouites, constituaient des seuils, voire des reliefs émergés; des ondulations de la plate-forme devaient diviser la nappe qui la recouvrait en bassins séparés par des seuils et en larges aires de hauts-fonds. Entre cette nouvelle paléogéographie et le changement de faciès intervenus simultanément, il est naturel de voir une relation de cause à effet : c'est l'orogénèse qui a provoqué le changement de faciès au début du Sénonien. Et les mêmes conditions paléogéographiques ayant prévalu jusqu'au retrait de la mer au cours du Nummulitique, le même groupe de sédiments a été déposé au Sénonien et au Nummulitique. La paléogéographie nouvelle a amené aussi bien les dépôts crayeux que ceux des bancs de silex et des phosphates.

La craie est le dépôt type des bassins d'une certaine profondeur, le calcaire récifal est son équivalent sur leurs rivages. Les bancs de silex, les rognons de silex, dont certains atteignent des dimensions considérables (phacoïdes de Wetzel et Morton), enfin les phosphates sont des dépôts d'eaux très peu profondes, de littoraux qui s'étalaient en largeur par-dessus les ondulations de la plate-forme.

La stratigraphie du Liban, qui est bien connue, montre très nettement l'apparition de silex dans les sédiments peu profonds ; cela est valable pour le sommet du Jurassique, la base du Cénomanien, la base du Turonien, l'Éocène inférieur.

Les phosphates et restes de Poissons ne sont pas liés à un niveau déterminé ; ils sont exceptionnels et très localisés dans les formations d'une certaine profondeur (gisements de Hackel, Hadjoula et Sahel Alma au Liban), mais communs dans tous les sédiments sénoniens et éocènes du Hamad. Les concentrations de phosphate du type des phosphates de Roseifa, du Néguev israélien, sont liées, elles, à des conditions plus particulières, sur lesquelles les informations sont encore insuffisantes.

Ces vues rejoignent pour une large part celles exprimées par Y. K. Bentor (1953) sur la genèse des phosphates du Néguev israélien, elles s'en écartent en ce qui concerne l'interprétation des mouvements de la mer.

La vue d'ensemble sur la stratigraphie du Crétacé conduit enfin à des remarques sur les grandes subdivisions du système.

Les sédiments crétacés de la région étudiée se divisent naturellement en trois groupes successifs : les grès antérieurs à la grande transgression, les marno-calcaires et calcaires déposés pendant la transgression ; les craies et leur cortège de roches variées déposées pendant le début de l'orogénèse.

Dans le paysage, dans l'hydrogéologie, dans les applications de la géologie à la vie de tous les jours, le contraste entre ces trois types de sédiments successifs est tellement marqué qu'on est conduit à adopter une division du Crétacé en trois. C'est une division de caractère pratique, mais qui n'a qu'une valeur locale. Au Liban a été adoptée la subdivision suivante :

Crétacé inférieur	base du Crétacé à Aptien
— moyen	Albien à Turonien
— supérieur	Sénonien

Elle n'est pas valable pour le S de la Jordanie, où le Crétacé calcaire commence au Cénomanien supérieur seulement.

Au lieu de coupures chronologiques on peut avoir recours à une nomenclature lithologique. Le terme de Judea limestone, par exemple, désigne le Cretacé moyen calcaire de la Jordanie et d'Israël. Mais si la nomenclature lithologique permet une description objective du développement stratigraphique d'une région, si elle est en un sens plus exacte qu'une nomenclature chronologique, elle ne fournit pas la clef des corrélations à distance, et bon gré mal gré, l'esprit se tourne toujours à nouveau vers les coupures chronologiques.

Dans l'ensemble du Crétacé de la marge NW de la péninsule Arabique, une seule coupure du Crétacé apparaît comme valable d'une façon générale, malgré certains chevauchements des deux parties ainsi séparées : c'est la limite Turonien-Sénonien. Sur le plan proprement stratigraphique on serait ainsi amené à distinguer un Crétacé inférieur s'étendant jusqu'au sommet du Turonien et un Crétacé supérieur synonyme du Sénonien des géologues français.

C'est cette signification qui a été donnée au terme Crétacé supérieur par les géologues du Moyen-Orient. Quant à la partie antérieure du Crétacé, elle peut aussi bien être désignée simplement comme Crétacé inférieur qu'être divisée en un Crétacé inférieur arénacé et un Crétacé moyen calcaire.

Février 1959.

BIBLIOGRAPHIE

Avnimelech M. 1949 *a*. — Une grande discontinuité dans le Crétacé au Sud de la Palestine. *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 8, p. 143-145.

— 1949 *b*. — Un niveau conglomératique dans le Turonien de la Palestine. *C. R. S. Géol. Fr.*, 9, p. 205-206.

— 1949 *c*. — On Vertebrate remains in Senonian phosphate beds in Transjordan. *Eclogae Geol. Helv.*, *12*, 2, p. 486-490.

— 1950 *a*. — Sur les discontinuités dans le Crétacé supérieur de la Shéphéla (Palestine centrale). *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 2, p. 13-15.

— 1950 *b*. — Sur les lacunes de sédimentation crétacée dans les environs de Jérusalem. *C. R. Ac. Sc.*, *230*, p. 1088-1090.

Ball M. W. et Ball D. 1953. — Oil prospects of Israel. *Bull. A. A. P. G.*, *37*, 1, p. 1-113, 24 coupes stratigr., 19 coupes de forages, 20 cartes.

Bellen R. C. van, Dunnington H. V., Morton D. M. et Wetzel R. 1958. — Lexique stratigraphique de l'Irak *in* Lexique Stratigraphique International, *III*, Asie, 10 *b*.

Bentor Y. K. 1953. — Relations entre la tectonique et les dépôts de phosphate dans le Néguev israélien. *C. R. 19e Session Congr. Géol. Intern.*, Alger 1952, XI, p. 93-101.

— 1954. — A structural contourmap of Israël (1/250 000) with remarks on its dynamical interpretation. Pub. 7, *Geolog. Inst.*, Jérusalem, p. 125-135.

Blake G. S. 1935. — The stratigraphy of Palestine and its building stones. Printing and Stationary Office, Jérusalem, 133 p., 15 fig.

— 1939. — Geology, soils and minerals (of Transjordan). *In* Ionides M. G., Report on the water ressources of Transjordan and their development, chap. IV, p. 43-127, fig. 4-46, carte géol. au 1/1 000 000. Londres, Crown Agents for the Colonies.

— 1939. — Geological map of Palestine (1/250 000). *Survey of Palestine*, Jaffa.

Cayeux L. 1935 *a*. — Constitution des phosphates sénoniens de Syrie. *C. R. Ac. Sc.*, 200, p. 1553.

— 1935 *b*. — Constitution des phosphates sénoniens de Palestine et de Transjordanie. *C. R. Ac. Sc.*, 200, p. 1893.

— 1939. — Les phosphates de chaux sédimentaires de France. *Ministère des Trav. Pub., Serv. carte géol. Fr.*, p. 282-312, pl. XIV-XV : Les phosphates sénoniens du Levant.

Cizancourt Mme H. de. 1934. — Matériaux pour la Stratigraphie du Nummulitique dans le désert de Syrie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, *4*, p. 737-758, 1 fig., pl. XLIV-XLVI.

Dubertret L. 1940. — Observations au sujet des coupures du Crétacé libano-syrien. *Notes et Mém. Syrie et Liban*, III, p. VII-X.

— 1942. — Carte géologique du Moyen-Orient. Beyrouth, Serv. Géogr. des F. F. L.

— 1944. — Sur le Turonien (Crétacé moyen) du Liban. *Publ. techn. et sci. École française d'Ingénieurs, Beyrouth (Liban)*, 6, 7 p., 2 fig.

— 1947. — Problèmes de la géologie du Levant. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, *17*, p. 3-31, 1 pl., 1 dépliant.

— 1949. — Carte géologique au 1/50 000e de la Syrie, feuille de Zebdani, avec notice de 62 p., 14 fig., 10 pl. ; Damas, Ministère des Trav. Pub. Répub. Syrienne.

— 1950. — Carte géologique au 1/50 000e du Liban, feuille de Rayak, avec notice de 43 p., 10 fig., 12 pl. ; Beyrouth, Ministère des Trav. Pub. Républ. Libanaise.

DUBERTRET L. 1951. — Carte géologique au 1/50 000e du Liban, feuille de Beyrouth, avec notice de 66 p., 20 fig., 12 pl. ; Beyrouth, Ministère des Trav. Pub. Répub. Libanaise.

— 1953. — Carte géologique au 1/50 000e du Liban, feuille de Zahlé, avec notice de 64 p., 20 fig., 12 pl. ; Beyrouth, Ministère des Trav. Pub. Répub. Libanaise.

— 1954. — Basaltes et roches vertes du Liban, de la Syrie et du Hatay (ancien Sandjak d'Alexandrette, Turquie). *C. R. 19e Session Congr. Géol. Intern.*, Alger 1952, 17, p. 29-36.

— 1955. — Carte géologique du Liban au 1/200 000e avec notice de 74 p., 30 fig., 8 pl. ; Beyrouth, Ministère des Trav. Pub. Répub. Libanaise.

— 1959. — Carte géologique internationale de l'Afrique, feuille 3, 2e édition, *Assoc. Serv. Géol. Africains* (sous presse).

DUBERTRET L. et VAUTRIN H. 1937 *a*. — Révision de la Stratigraphie du Crétacé du Liban. *Notes et Mém. Syrie et Liban*, III, p. 43-73, fig. 26-35.

— — 1937 *b*. — Sur la présence du Jurassique marin dans la région plissée palmyrénienne. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 135-196.

— 1937 *c*. — La coupe du sommet du Crétacé et de la base de l'Éocène au Djebel Tenf, dans le désert de Syrie. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 160-161.

HEYBROEK F. 1942. — La géologie d'une partie du Liban sud. Thèse, *Leidsche geol. Mededelingen*, *12*, p. 251-470, pl. 4-5, carte géol. en couleurs au 1/50 000e.

LYS M., en collaboration avec RENOUARD G. 1954. — Études micropaléontologiques de la limite Crétacé Tertiaire dans les mers mésogéennes. *Proceed. Fourth World Petroleum Congr.*, Sect. I/D, pap. 6, p. 537-541, Liban et Syrie (Djebel Tenf).

PICARD L. 1931. — Geological researches in the Judean desert. Thèse, 108 p., carte géol. 1 inch/1 mile, Jérusalem.

— L. 1938. — The geology of New Jerusalem. *Bull. Geol. Dep. Hebrew Univ.*, Jérusalem, II, 1, 12 p., 2 coupes.

PICARD L., DONCIEUX L. et AVNIMELECH M. 1937. — Sur l'existence d'un étage libyen dans les environs de Maan (Transjordanie). *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 6, p. 74-75.

QUENNELL A. M. 1951. — The geology and mineral resources of (former) Transjordan. *Colonial geology and mineral resources*, *2*, 2, p. 85-115, 8 pl., carte géol. au 1/500 000e, Londres.

REISS Z. 1952. — On the upper Cretaceous and lower Tertiary faunas of Israel. *Bull. Research Council of Israel*, *2*, 1, p. 37-48.

— 1954. — Upper Cretaceous and lower Tertiary *Bolivinoides* from Israel. *Contrib. Cushman Foundation for Foraminiferal Research.*, *5*, 4, oct., p. 154-164, 2 fig., pl. 28-31.

RENOUARD G. 1955. — Oil prospects of Lebanon. *Bull. A. A. P. G.*, *39*, 11, nov., p. 2125-2169, 20 fig.

SHAW S. H. 1947. — Southern Palestine. Geological map on a scale of 1/250 000 with explanatory notes, 41 p. Jérusalem ; Government printer.

VAUTRIN H. 1933. — Le Sénonien inférieur dans le dôme de Soukhné *in* DUBERTRET L., Le Djebel Bichri, *Notes et Mém. Syrie et Liban*, 1, p. 78.

WETZEL R. et MORTON M. 1959. — Contribution à la géologie de la Jordanie. *Notes et Mém. sur le Moyen-Orient*, VII, p. 95-191, 25 fig..

II. PALÉONTOLOGIE

A. — GISEMENT DES PHOSPHATES MAESTRICHTIENS DE ROSEIFA (JORDANIE)

CÉPHALOPODES

PAR

J. SORNAY

Les phosphates du gisement de Roseifa contiennent, en dehors des débris de Vertébrés, un certain nombre de restes de Céphalopodes silicifiés et remarquablement conservés.

Libycoceras sp. ex gr. **ismaeli** ZITTEL.
Pl. VII, fig. 1 *a-b*, 2 *a-b*.

Un échantillon silicifié de petite taille, entièrement cloisonné, du diamètre de 45 mm. La hauteur du dernier tour n'est pas mesurable, car l'ombilic est masqué par la gangue. Son épaisseur est de 12 mm, le maximum d'épaisseur se situant un peu en dessous du milieu du flanc.

Outre cet échantillon, un fragment de tour sensiblement plus grand, silicifié aussi et correspondant à deux loges. Ce fragment, cassé du côté ombilical, montre une hauteur de 69 mm. L'épaisseur mesurable est de 26 mm.

Ces deux échantillons sont trop incomplets et mal conservés pour pouvoir être déterminés avec précision. Il s'agit certainement d'un *Libycoceras* comme le montre la cloison. Les traces d'ornementation, conservées sur le plus petit des deux échantillons, conduisent à le rapprocher de *Libycoceras ismaeli* (ZITTEL) (1).

Le genre, uniquement maestrichtien, est connu d'une part au Proche-Orient (Sinaï, Palestine) ainsi que dans le NE de l'Afrique (Égypte, Libye), d'autre part dans l'W de l'Afrique (Angola, Sénégal, Soudan et Nigeria).

Didymoceras sp. ind.

Pl. VII, fig. 3 *a-b*.

Un seul échantillon silicifié montrant environ un tour de spire, largement déroulé, à section presque circulaire. Le diamètre du tour atteint 15 mm du côté le plus âgé.

Environ 21 côtes par tour. Groupes de 2-3 côtes portant chacune deux tubercules et séparés par une côte sans tubercules. Entre les deux tubercules qu'elle porte, chaque côte se divise plus ou moins nettement pour donner une boucle. Les tubercules sont pointus. Toutes les côtes ont tendance à s'effacer du côté intérieur de la spire.

L'échantillon est trop petit pour permettre une détermination certaine. La costulation est différente de celle des formes américaines : *D. cooperi* (Gabb) (2) et *D. hornbyense* (Whiteaves) (3) auxquels la présence de tubercules nombreux pourrait faire penser à le rattacher. Mais chez *D. hornbyense* on a fréquemment une côte tuberculée isolée ou deux côtes successives sans tubercules, ce qui n'est pas le cas ici. On ne voit pas non plus sur l'échantillon jordanien les bifurcations des côtes, visibles sur le côté interne de la spire chez *D. cooperi*. Les différences sont également assez grandes avec *D. angolaense* Sorn. (4) du Sénonien d'Angola qui présente des côtes en zigzag entre les tubercules, disposition inexistante ici.

Le genre *Didymoceras* est du Sénonien supérieur et c'est la première fois, à ma connaissance, qu'il est signalé au Proche-Orient.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Zittel K. von. — *Handbuch der Paläontologie*, II, 1885, p. 451, fig. 631.

(2) Gabb W. — Description of cretaceous fossils. *Geol. Surv. Calif. Palaeontol.*, 1864, t. 1, p. 69, pl. 14, fig. 23.

(3) Whiteaves J. F. — Mesozoic fossils V. On some additional fossils from the Vancouver Cretaceous, etc. *Geol. Surv. Canada*, 1903, p. 332, pl. 42, fig. 1-4.

(4) Sornay J. — Ammonites albiennes et sénoniennes de l'Angola, etc. *Rev. Zool. Botan. afric.*, 1951, t. 44, nº 3, p. 274, pl. 4, fig. 1-3.

POISSONS ET REPTILES MARINS

PAR

J. SIGNEUX

Les espèces de Poissons et Reptiles rapportées des phosphates maëstrichtiens de Roseifa étant similaires à celles des mêmes niveaux d'Afrique du Nord et du Congo belge qui ont fait l'objet de descriptions détaillées (Arambourg, 1952; Dartevelle et Casier, 1943), je me contenterai d'en rappeler les principales caractéristiques et d'en donner les répartitions stratigraphiques et géographiques.

POISSONS

Scapanorhynchus tenuis (Davis). — Pl. VII, fig. 6 à 8.

9 petites dents, dont 2 symphysaires, sont, par leur faible taille, leurs denticules latéraux robustes et les plis verticaux de l'émail de leur face interne, typiques de cette espèce connue actuellement du Sénonien-Danien de Scandinavie et du Maëstrichtien d'Égypte et du Maroc. Je pense qu'il faut joindre à cette répartition le Maëstrichtien de Tripolitaine, car une partie des dents figurées par Maccagno (1950, fig. 27 à 33, pl. I) sous le nom de *Scapanorhynchus subulatus* me paraissent se rapporter au *Sc. tenuis*.

Scapanorhynchus rapax (Quaas). — Pl. VII, fig. 4 et 5.

Nous possédons de cette espèce — déjà signalée dans le Maëstrichtien de Roseifa par Avnimelech (1949) sous le nom de *Sc. texanus* — 4 dents : 1 symphysaire inférieure, 2 antérieures inférieures et 1 latérale supérieure. Ces dents, beaucoup plus grandes que celles de l'espèce précédente, sont immédiatement reconnaissables à leur forme élancée, la convexité de la face interne de leur couronne et les gros plis saillants, rectilignes et espacés de l'émail de cette même face, la face externe étant lisse. Il n'y a pas de denticules latéraux. En dehors de la Jordanie, cette espèce se rencontre dans le Crétacé supérieur d'Égypte, Libye, Algérie et Maroc.

Lamna biauriculata (Wanner). — Pl. VII, fig. 9 à 13.

Il se pourrait que les dents décrites par Avnimelech (1949) sous le nom de *Lamna appendiculata* soient, en réalité, des *Lamna biauriculata*, ces deux espèces ayant été confondues par certains auteurs. Les 35 dents faisant partie de notre matériel pos-

sèdent, des *Lamna biauriculata*, la forme triangulaire des couronnes et l'aplatissement des racines dont, de plus, l'échancrure est peu profonde.

Cette espèce a été signalée dans le Maëstrichtien d'Égypte, de Tripolitaine, du Nigeria, du Congo belge et du Maroc.

Lamna caraibaea Leriche.

5 petites dents paraissent, par leur taille et la multiplication, du côté commissural, de leurs denticules latéraux, appartenir au *Lamna caraibaea* signalé par Leriche (1938) des niveaux maëstrichtiens de l'île de la Trinité, et retrouvé par Dartevelle et Casier (1943) et Arambourg (1952) dans des niveaux correspondants du Congo belge et du Maroc.

Corax Kaupi Agassiz. — Pl. VII, fig. 14 à 17.

Les dents de *Corax* que nous possédons (37, plus une vingtaine d'un très jeune individu) ne peuvent être, comme celles signalées de Roseifa par Avnimelech (1949), rattachées à l'espèce *pristodontus*. Elles sont plus petites que celles de cette dernière espèce, leur échancrure postérieure est plus marquée et les dents supérieures, hautes et étroites, présentent, à leur bord antérieur, la courbe irrégulière et gibbeuse caractéristique des dents de cette espèce.

C. Kaupi est une espèce à large distribution, car on la rencontre aussi bien en Europe (du Coniacien au Campanien inférieur) que dans le Maëstrichtien d'Égypte, de Tripolitaine (sous le nom de *C. pristodontus*), du Maroc et du Congo belge et dans celui d'Amérique du Nord.

Ginglymostoma Lehneri Leriche. — Pl. VII, fig. 18 à 20.

Malgré leur taille très petite, l'on retrouve sur une vingtaine de dents de *Ginglymostoma* les caractères de l'espèce *Lehneri* : cuspide principale forte et saillante, denticules latéraux courts, coniques et bien détachés dont le nombre, parmi les dents que nous possédons, ne dépasse pas 2 paires, et surtout épaississement, sur la face interne de la couronne, de l'émail en forme d'un triangle orné de plis verticaux et dont le sommet est dirigé dans l'axe de la cuspide principale.

Cette espèce, signalée pour la première fois par Leriche (1938) pour des dents du Maëstrichtien de l'île de la Trinité, est fréquente dans le même niveau des gisements de phosphates du Maroc. Je l'ai retrouvée dans du matériel provenant du Maëstrichtien terminal du Djebel Tseldja, près de Metlaoui (Tunisie). D'autre part quelques-unes des dents figurées par Maccagno (1950), du Maëstrichtien de Tripolitaine, sous le nom de *G. thielense*, pourraient appartenir à cette espèce (voir Maccagno, pl. 1, fig. 1, 10 et 14 ?).

Raja sp. — Pl. VII, fig. 21 à 25.

La présence de ce genre est signalée par 8 petites dents de formes variées et difficilement attribuables à une espece connue.

Rhombodus Binkhorsti Dames. — Pl. VII, fig. 26 et 27.

Cette espèce, typiquement maëstrichtienne, est, dans notre collection, représentée par 4 petites dents plus hautes que larges, à couronne épaisse, losangique, plus haute que la racine et dont les faces verticales sont abruptes et ornées de gros plis et sillons verticaux marqués. La racine est plus étroite que la couronne et le sillon qui sépare ses deux lobes est profond et large.

Rh. Binkhorsti a été signalé dans le Limbourg hollandais, le Congo belge et les gisements de phosphates d'Égypte (sous le nom de *Rhombodus* sp.) et du Maroc.

Pycnodontes divers. — Pl. VII, fig. 28 à 31.

Plusieurs dents antérieures, vomériennes ou spléniales de Pycnodontes se rencontrent parmi notre matériel sans qu'il soit possible d'en donner une attribution précise.

Enchodus elegans Dart. et Casier. — Pl. VII, fig. 35 à 38.

La majorité des dents des Phosphates de Roseifa est constituée par des dents (crochets palatins ou mandibulaires, latérales supérieures ou inférieures) d'*Enchodus elegans* reconnaissables à première vue à : 1° pour les crochets, leur forme presque rectiligne, plus ou moins arquée — suivant leur position — vers la face interne ou vers la commissure, leur face interne protubérante et ornée de gros plis verticaux parallèles ; 2° pour les dents latérales, leur section comprimée, leur bord antérieur tranchant et leur bord postérieur arqué et orné de plis verticaux parallèles.

Cette espèce n'est connue que du Maëstrichtien du bas Congo, d'où provient le type, du même niveau des gisements de phosphates du Maroc et du Djebel Tseldja (Tunisie), et du Sénonien de Rutbah (Irak).

Enchodus Bursauxi Aramb. — Pl. VII, fig. 39 et 40.

Quatre dents seulement appartiennent à cette espèce de grande taille, sur lesquelles l'on retrouve le profil légèrement sigmoïdal, la surface lisse, les deux bords tranchants, la section peu comprimée, asymétrique dans la partie supérieure et presque circulaire à la base, qui caractérisent les dents des gisements maëstrichtiens des phosphates du Maroc d'où provient le type. Cette espèce est également connue du Congo, d'où elle a été décrite sous le nom de *E.* cf. *Lemonnieri*.

Enchodus libycus (Quaas).

Une seule dent (un crochet palatin) peut se rapporter à cette espèce très répandue dans les gisements maëstrichtiens du Maroc et du désert libyque, et facilement reconnaissable à sa grande taille, son bord antérieur tranchant et arqué, sa face postérieure plus épaisse et ornée de plis verticaux, et enfin à l'émail de recouvrement, très mince et finement strié longitudinalement.

Stratodus apicalis Cope.

Nous ne possédons pas parmi le matériel rapporté de Roseifa, de représentant de cette espèce. Mais C. Arambourg, lors de son passage à Amman, a pu constater sa présence dans les collections de la Compagnie des Phosphates de Roseifa.

Stratodus apicalis n'avait, jusqu'ici, été signalé que du Crétacé supérieur de l'Amérique du Nord et des gisements maëstrichtiens des phosphates d'Afrique du Nord. Tout récemment (1957), Avnimelech l'a retrouvé dans le Sénonien supérieur des environs de Safed (Israël).

Stephanodus libycus (Dames).

Un fragment de couronne de dent pharyngienne, en forme de crochet très comprimé latéralement, atteste la présence de cette espèce africaine en Jordanie. *St. libycus* n'avait, en effet, été signalé jusqu'ici que du Crétacé supérieur du désert libyque, de Tripolitaine, de Tunisie, du Maroc, du Nigeria et du Congo belge. Je l'ai également retrouvé (voir p. 238) à Rutbah (Irak).

Pseudoegertonia Bebianoi Dart. et Cas. — Pl. VII, fig. 32 à 31.

Vingt-cinq petites dents arrondies présentent, sur leurs faces basilaires, la structure radiée et la cavité pulpaire plus ou moins grande typique des dents de ce genre. L'émail, un peu chagriné, de leur face orale est très mince et je crois que, pour cette raison, ces dents doivent être rattachées à l'espèce du Congo belge et non au *P. Salvani* Aramb. du Maroc chez les dents duquel le revêtement d'émail est plus épais.

P. Bebianoi n'avait, jusqu'ici, été rencontré qu'au Congo belge dans des couches paléocènes.

REPTILES

Plesiosaurus mauritanicus Aramb. — Pl. VII, fig. 41.

Une seule dent, haute, à couronne légèrement incurvée du côté interne, dont la section est légèrement comprimée, les bords latéraux mousses, l'émail de recouvrement très mince et très finement ridé, et dont la séparation avec la racine qui lui fait suite

ne forme pas une ligne nette, se rapporte à cette espèce signalée dans les niveaux maëstrichtiens des gisements de phosphates du Maroc.

Mosasaurus cf. ***anceps*** (Owen).

De cette forme, bien connue dans le Campanien du Bassin anglo-parisien, nous ne possédons que 4 dents (1 symphysaire, 1 latérale, 2 pharyngiennes) présentant l'aspect massif, la surface dépourvue de facettes, l'émail finement strié longitudinalement qui sont les caractéristiques de cette espèce également fréquente dans les niveaux maestrichtiens des gisements de phosphates du Maroc.

Platecarpus ptychodon Aramb. — Pl. VII, fig. 42 à 44.

Une autre forme de *Mosasauridae* est représentée par 8 dents de petite taille mais dont tous les caractères, couronne relativement basse, un peu comprimée, à arêtes obtuses et nombreux plis verticaux irréguliers sur les deux tiers de la hauteur à partir du collet assez large, sont ceux de l'espèce créée pour des dents similaires des niveaux maëstrichtiens des phosphates du Maroc.

Globidens aegyptiacus Zdansky. — Pl. VII, fig. 45 et 46.

Cette forme a déjà été signalée par Avnimelech (1949) pour des dents de Roseifa qu'il a rapportées à *Globidens Fraasi* Dollo. Mais, ainsi que l'a fait remarquer Arambourg (1952, p. 287), elles ne diffèrent en rien des dents globuleuses, à couronne peu élevée et débordant au-dessus de la racine et dont l'émail, très mince, est orné d'un grand nombre de plis divergeant à partir de la pointe, qui ont été décrites et figurées par Zdansky (1934) d'Égypte, sous le nom de *Globidens aegyptiacus*.

Deux des sept spécimens de nos collections sont des dents symphysaires dont elles possèdent la forme élevée, conique, à section circulaire. Les cinq autres sont basses, presque hémisphériques et présentent à leur sommet un petit mamelon plus ou moins abrasé par l'usure ; elles sont du même type que les dents maxillaires latérales de Koceir (Égypte) et du Maroc.

Crocodilus sp.

Une dent cylindro-conique, un peu comprimée transversalement et légèrement arquée vers l'intérieur, à émail de la couronne mince et ridé par une multitude de plis verticaux, irréguliers et serrés, convergeant vers la pointe, est le seul indice de la présence de ce genre dans les Phosphates de Roseifa.

Conclusions. — La faune des Phosphates de Roseifa se compose des éléments suivants :

Poissons

Scapanorhynchus tenuis (Davis)
Scapanorhynchus rapax (Quaas)
Lamna biauriculata (Wanner)
Lamna caraibaea Leriche
Corax Kaupi Agassiz
Ginglymostoma Lehneri Leriche
Raja sp.
Rhombodus Binkhorsti Dames
Pycnodontes sp.
Enchodus elegans Dart. et Cas.
Enchodus Bursauxi Aramb.
Enchodus libycus (Quaas)
Stratodus apicalis Cope
Stephanodus libycus (Dames)
Pseudoegertonia Bebianoi Dart. et Cas.

Reptiles

Plesiosaurus mauritanicus Aramb.
Mosasaurus cf. *anceps* (Owen)
Platecarpus ptychodon Aramb.
Globidens aegyptiacus Zdansky
Crocodilus sp.
Titanopteryx philadelphiae nov. gen. nov. sp. (voir p. 229.)

Invertébrés

Libycoceras sp. ex *gr. ismaeli*
Didymoceras sp.

Parmi les Vertébrés, la plupart des genres et espèces que cette faune renferme sont des formes typiques du Crétacé supérieur que l'on retrouve, largement distribuées, dans les formations correspondantes du Bassin de la Méditerranée où leur constance fait qu'elles peuvent servir de repère stratigraphique.

Ces espèces sont en effet caractéristiques des formations maëstrichtiennes des phosphates d'Algérie, de Tunisie et du Maroc et un grand nombre d'entre elles ont également été recueillies au même niveau en Égypte et au Congo belge.

Il est à remarquer que *Lamna caraibaea*, *Corax Kaupi*, *Ginglymostoma Lehneri* et *Stratodus apicalis* ont également été signalés dans le Crétacé supérieur (Maëstrichtien) d'Amérique du Nord, ce qui confirme les rapports biogéographiques ayant existé, à cette période, entre les faunes ichthyologiques de la Méditerranée et celles des deux bords de l'Atlantique, rapports qui sont également confirmés par les Invertébrés décrits par J. Sornay, puisque le genre *Libycoceras* (uniquement maëstrichtien) a été rencontré au Pérou et le genre *Didymoceras* (Crétacé supérieur) en Amérique du Nord.

BIBLIOGRAPHIE

Arambourg C. 1952. — Les Vertébrés fossiles des gisements de Phosphates (Maroc-Algérie-Tunisie). *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc.* Paris, nº 92, 372 p., 62 fig., 44 pl.

Avnimelech M. 1949. — On Vertebrate Remains in Senonian Phosphate Beds in Transjordan. *Ecl. Geol. Helv.*, Bâle, *42*, nº 2, p. 486-490, 2 fig.

— 1957. — Découverte de *Stratodus* (*Teleostei* : *Dercetidae*) dans le Sénonien supérieur d'Israël. *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, Paris, nº 2, p. 23-24.

Dartevelle E. et Casier E. 1943 et 1949. — Les Poissons fossiles du Bas Congo et des régions voisines. *Ann. Mus. Congo Belge*, Tervuren, A, sér. 3, *II*. 1943 : fasc. 1, p. 1-200, 16 pl.; 1949 : fasc. 2, p. 201-256, 6 pl.

Leriche M. 1938. — Contribution à l'étude des Poissons fossiles des pays riverains de la Méditerranée américaine (Venezuela, Trinité, Antilles, Mexique). *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, Bâle, *LXI*, 42 p., 5 fig., 4 pl.

Maccagno A. M. 1950. — Illustrazione della ittiofauna del Maestrichtiano della Tripolitania, raccolta dalla Missione Sanfilippo. *Atti Acc. Pontaniana*, Napoli, N. S., *III*, p. 41-64, 2 pl.

Zdansky O. 1934. — The occurrence of Mosasaurs in Egypt and in Africa in general. *Bull. Inst. Egypte*, Le Caire, *XVII*, p. 83-94, 2 pl.

TITANOPTERYX PHILADELPHIAE NOV. GEN., NOV. SP. PTÉROSAURIEN GÉANT

PAR

C. ARAMBOURG

Au cours d'un voyage en Jordanie, en 1953, j'ai eu l'occasion d'examiner les collections paléontologiques recueillies dans les gisements de phosphate de Roseifa, près d'Amman, par MM. KAWAR frères [1].

Cette collection renfermait, parmi les nombreux restes de Poissons dont la description fait l'objet de la note précédente par J. SIGNEUX, divers ossements remarquables par leur pneumaticité et par leurs dimensions. Malheureusement la plupart étaient des fragments de diaphyses qu'il était impossible d'identifier anatomiquement de façon précise. Cependant, dans le lot, se trouvait une pièce de grande taille dont une des extrémités, partiellement conservée, présentait un certain nombre de caractères susceptibles d'en permettre l'interprétation. MM. KAWAR ont bien voulu me confier cette pièce dont je présente, aujourd'hui, la description.

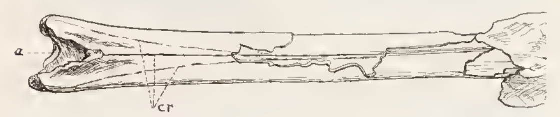


FIG. 1. — Métacarpien V de *Titanopteryx philadelphiae*, vu par la face dorsale. *a*, cavité olécranienne ; *cr*, crêtes. × 1/5.

Il s'agit d'un fragment (voir Pl. VIII, fig. 1 et 1 *a*), long d'environ 60 cm, d'un os tubulaire, à symétrie bilatérale parfaite, dont la section est à peu près circulaire dans sa partie moyenne où elle mesure 54 mm de diamètre. Cet os est remarquable par l'extrême minceur de ses parois qui, dans sa région médiane, n'ont pas plus de 2 mm d'épaisseur. La cavité centrale ne présente aucune trace de tissu spongieux ni de trabécules osseux et est complètement remplie de grès phosphaté identique à celui dans lequel cet os se trouvait engagé. Une des extrémités, brisée, est encore

1. Je suis heureux de remercier ici MM. KAWAR de leur accueil et des facilités qu'ils m'ont données pour l'étude de leurs collections.

attenante à un fragment de grès. En ce point, la section de l'os est légèrement elliptique avec le diamètre antéro-postérieur mesurant 61 mm et le diamètre transversal 49 mm.

L'extrémité opposée s'élargit et mesure, dans sa plus grande largeur, 86 mm; sa section, de même que celle de toutes les autres parties de cet os long, est parfaitement symétrique bilatéralement. Bien que légèrement déformée accidentellement et incomplète, elle présente des traces bien caractéristiques d'une surface articulaire. Vue de face, en effet, l'extrémité osseuse présente une section dont une moitié — que je considère comme ventrale — est semi-circulaire, tandis que l'autre — la dorsale — est anguleuse avec les bords légèrement concaves. L'angle supérieur correspond à une crête obtuse de l'extrémité distale de la face dorsale. Ces deux moitiés sont délimitées de chaque côté par un étroit sillon large d'un demi-centimètre et peu profond qui se continue sur les faces latérales par une gouttière peu profonde et rapidement atténuée (voir fig. 2, s). Ces sillons font suite à une large et profonde cavité qui occupe la moitié dorsale de l'extrémité de l'os et dont la figure 2 de la planche VIII montre la section.

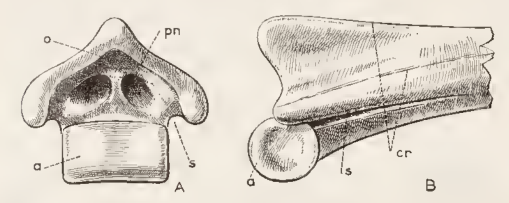


FIG. 2. — *Titanopteryx philadelphiae*. Extrémité distale reconstituée du métacarpien V. A, vue frontale de l'articulation ; B, vue latérale. *a*, poulie articulaire ; *cr*, crêtes latérale et dorsale; *o*, cavité olécranienne ; *pn*, ouvertures pneumatiques ; *s*, sillon.

Cette cavité, plus large que haute et de forme semi-ogivale, n'est pas accidentelle ni due à la fossilisation ; elle est en effet revêtue sur toute sa surface interne d'une mince couche continue de tissu osseux se raccordant à celui des parties externes de l'épiphyse ; mais ce tissu y est moins épais et parfaitement lisse. Au fond de cette cavité, deux ouvertures circulaires séparées par une mince travée osseuse paraissent correspondre à l'orifice de la tubulure pneumatique diaphysaire. Ventralement à cette cavité, l'épiphyse est écrasée et déformée ; mais on voit, d'après la direction et la forme des sillons latéraux, que cette épiphyse devait se terminer par une surface sensiblement hémicylindrique, à axe transversal, pouvant jouer le rôle de poulie articulaire.

Il semble donc qu'on puisse interpréter cette structure épiphysaire, conformément

à la reconstitution schématique proposée fig. 2, comme celle d'une articulation trochléenne comprenant une large trochlée hémicylindrique, peu saillante sur la face ventrale de l'os, surmontée d'une large et profonde cavité. On peut penser que cette dernière peut jouer le rôle d'une fosse olécranienne destinée à bloquer l'extrémité proximale du segment suivant du même membre dans sa position d'extension. Sur la face dorsale de cet os, la crête obtuse qui domine la fosse olécranienne s'atténue rapidement en direction proximale ; mais elle s'y continue par une très fine arête qui s'étend médialement sur toute la longueur de la diaphyse. Cette arête est flanquée de part et d'autre de deux arêtes parallèles similaires, parfois un peu discontinues surtout distalement, et qui, à partir d'une trentaine de centimètres de l'extrémité articulaire, divergent progressivement pour aboutir respectivement aux bords latéraux de l'extrémité distale dans leurs tiers supérieurs environ (voir, fig. 1 et 2).

Attribution. — L'attribution de l'os fossile de Roseifa pose des problèmes extrêmement délicats. Sa longueur, sa gracilité peuvent faire penser de prime abord à un os long de Reptile Coelurosaurien du groupe des Struthiomimidés ou à un os long d'Oiseau. Sa pneumaticité élevée et l'extrême minceur de ses parois, qui sont certainement celles d'un être volant, plaideraient plutôt en faveur de cette dernière attribution. Mais, comparé aux pièces squelettiques des divers groupes d'Oiseaux, aucun rapprochement n'est possible. D'ailleurs, sa symétrie bilatérale parfaite (notamment celle de son articulation) l'écarte de tous les principaux os longs d'Oiseaux (humérus, fémur, tibia ou tarso-métatarse) et l'attribution de notre fossile à un représentant de cette classe doit être rejetée.

Il reste, en définitive, le groupe des Ptérosauriens chez lesquels les os présentent une minceur et une pneumaticité comparables, et dont la taille a pu atteindre, chez ceux de la fin du Crétacé, des dimensions gigantesques.

Structure histologique. — Il était intéressant, pour compléter les indications fournies par la morphologie du fossile de Roseifa, d'en examiner la structure histologique par comparaison avec celles d'Oiseaux et de Ptérosauriens.

Les matériaux pris pour la comparaison ont été prélevés dans un tibia de *Pteranodon ingens*, du Crétacé du Kansas, et un tibia de Flamant rose actuel.

Des coupes tangentielles effectuées dans la paroi d'os longs de ces divers spécimens ont permis de constater la grande similitude de structure histologique de l'os de *Pteranodon* et de celui de notre fossile (voir Pl. VIII, fig. 3, 4 et 5).

Les ostéoplastes montrent :

1° que les cellules osseuses sont, chez l'un comme chez l'autre, relativement peu nombreuses comparativement à celles de l'Oiseau : cette différence apparaît nettement sur les figures 3, 4 et 5 de la Planche VIII où, pour une même surface et sous le même grossissement, on compte trois fois plus de cellules chez le Flamant que chez *Pteranodon* ou chez le fossile jordanien ;

2° que les cellules des deux formes fossiles sont beaucoup plus longues et proportionnellement plus étroites que celles de l'Oiseau : leurs dimensions hauteur/longueur sont en effet dans le rapport moyen de 1 à 13 pour 1 à 8 ou 10 chez ce dernier. Il faut noter que déjà, au cours de comparaisons analogues effectuées par BOWERBANK (1847), (voir fig. 3), cet auteur avait observé ces mêmes différences de fréquence, ainsi que de taille et de proportions, entre les cellules osseuses de Ptérodactyles et d'Oiseau (Albatros) ;

3° que, chez ces derniers, les canalicules qui irradient autour des ostéoplastes sont relativement nombreux et fins par comparaison avec ceux de *Pteranodon* chez lequel ils paraissent moins nombreux et plus courts. Par contre, chez le fossile de Roseifa les canalicules sont très nombreux, très fins et très longs.

Malgré cette différence il ne paraît pas douteux que la structure histologique du tissu osseux du fossile de Roseifa diffère nettement de celle des Oiseaux et présente un aspect reptilien typique. Ce fait, joint à la pneumatisation considérable de l'os, confirme son attribution au groupe des Ptérosauriens ; les différences de détails signalées dans le nombre et la finesse des canalicules des ostéoplastes comparativement à ceux de *Pteranodon* doivent être vraisemblablement mises au compte soit de leur différence générique certaine, soit, peut être, à celui de leur mode de fossilisation.

A

B

C

FIG. 3. — Coupes histologiques de la paroi osseuse. A, d'un fémur d'Albatros ; B, d'une mandibule de *Pterodactylus* ; C, d'un cubitus de *Pterodactylus*. × 450 environ — d'après BOWERBANK.

Comparaisons morphologiques. — Cependant, si l'on compare l'os fossile de Roseifa aux diverses pièces du squelette des Ptérosauriens — et notamment de celui des formes gigantesques de la fin du Crétacé — on ne parvient à l'identifier, d'une manière rigoureuse, à aucun d'entre eux. La présence d'une cavité olécranienne et d'une trochlée probable fait penser à un humérus. Mais, chez tous les Ptérosauriens connus cet os est court, trapu, dissymétrique, muni d'une large apophyse deltoïde, et son articulation distale est oblique à l'axe de la

diaphyse. Le tibia des Ptérosauriens est un os grêle, à longue diaphyse ; mais aucune de ses extrémités articulaires ne correspond à celle du fossile jordanien.

De même, la forme régulière de la section de cet os et sa symétrie parfaitement bilatérale excluent son appartenance à un os de l'avant-bras : cubitus ou radius.

Cependant, parmi les os de grands Ptérosauriens du Crétacé d'Angleterre, la pièce attribuée par Owen à *Pterodactylus Cuvieri*, et figurée par cet auteur (1851, pl. XXX, fig. 2) évoque, par ses dimensions et par son profil, celui de l'os de Roseifa ; mais sa section dissymétrique, trièdre, ainsi que l'ouverture du canal pneumatique sur la face latérale au-dessous de l'articulation l'en distinguent complétement. Cette pièce est attribuée avec doute soit à un cubitus, soit à une première phalange.

Finalement, en procédant par élimination, aucun os de Ptérosaurien connu ne répond exactement aux caractéristiques de notre fossile.

Néanmoins, parmi toutes les hypothèses possibles, une seule me paraît devoir être retenue ; celle d'un cinquième métacarpien dont la pièce fossile représenterait la portion distale.

L'extrémité articulaire que l'on y observe correspond, en effet, mécaniquement, à un dispositif permettant le blocage en position d'extension maxima des deux segments osseux réunis par cette articulation. Si l'on s'en refère à la constitution alaire des Ptérosauriens, on voit que, seule, l'articulation métacarpe V-1re phalange répond à ce postulat. Chez eux, en effet, l'extrémité proximale de la première phalange s'articule sur une trochlée ventrale du McV et porte, à son extrémité dorsale, un bec olécranien destiné à son blocage dans la position d'extension ; l'existence d'une cavité olécranienne n'est pas apparente sur les figures des divers auteurs, ni sur des spécimens de *Pteranodon* du Kansas des collections du Muséum ; mais la présence d'un bec olécranien à la première phalange du doigt correspondant y est certaine.

Si, d'autre part, l'on cherche à analyser les autres caractères de notre pièce fossile, il faut remarquer la présence, tout le long de la face dorsale de cet os, des trois petites crêtes osseuses (*cr*, fig. 1 et 2), parfois discontinues, divergentes sur l'extrémité distale et que j'y ai signalées plus haut. Si l'interprétation proposée ci-dessus est correcte, je pense que ces crêtes correspondent à des traces ligamentaires ou aponévrotiques en rapport avec les trois métacarpiens des doigts libres qui accompagnent le métacarpien V des Ptérosauriens.

Rapports et différences. — Par ses dimensions l'os de Roseifa correspond à un individu de très grande taille, surpassant à ce point de vue tous les Ptérosauriens actuellement connus. Seuls les grands spécimens de *Pteranodon* américains ou les grands Ptérosauriens du Crétacé d'Angleterre — tels que ceux décrits par Owen (1851, Pl. XXX) sous les noms de *Pt. Cuvieri* et *Pt. compressirostris* — paraissent d'un ordre de grandeur comparable. D'après Eaton (1910), le McV de *Pt. ingens* pourrait atteindre 600 mm de long, pour un spécimen (n° 2452) incomplet mesurant 550 cm environ ; mais sa plus grande dimension transversale vers l'extrémité proxi-

male n'atteint que 62 mm. La pièce de Roseifa — qui présente un diamètre transversal de 86 mm — devait dépasser en longueur 700 mm. Si cet os est bien un fragment de McV, et si l'on se rapporte aux proportions des différents segments de l'aile des Ptérosauriens crétacés, on peut calculer que l'envergure de ce Reptile devait dépasser sensiblement 7 m.

On objectera assurément que la morphologie de la pièce fossile de Roseifa diffère à beaucoup de points de vue de tout ce qui est connu chez les Ptérosauriens. Pourtant son appartenance à ce groupe, confirmée par sa structure histologique, ne paraît pas douteuse. Aussi est-il vraisemblable qu'il s'agisse d'un type de Reptile volant particulier et différant de tous ceux que l'on a rencontrés jusqu'à ce jour.

Je proposerai, pour les diverses raisons exposées ci-dessus, de nommer ce nouveau fossile : *Titanopteryx philadelphiae* nov. gen., nov. sp.

En dehors de l'Amérique du Nord et de l'Europe des restes de Ptérosauriens n'ont été que rarement signalés dans le reste du monde. Je citerai seulement, en Afrique, une forme voisine d'*Ornithocheirus*, décrite par Swinton (1948) du Congo belge et une autre, plus douteuse, rapportée à *Rhamphorhynchus*, du Jurassique du Tendaguru (Afrique orientale). Notre fossile paraît être le premier Ptérosaurien reconnu sur le Continent asiatique.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Arambourg C. 1953. — Sur la présence d'un Ptérosaurien gigantesque dans les Phosphates de Jordanie. *C. R. A. S.*, Paris, *238*, p. 133-134, 1 fig.

Bowerbank J. S. 1847. — Microscopical Observations on the Structure of the Bones of *Pterodactylus giganteus* and other Fossil Animals. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 1848, *1*, p. 2-10, 2 pl.

Eaton G. F. 1910. — Osteology of *Pteranodon*. *Mem. Conn. Acad. Arts et Sc.*, New Haven Conn., *II*, p. 1-38, 31 pl.

Owen R. 1851. — Monograph on the fossil Reptilia of the Cretaceous Formations. *Palaeont. Soc.*, London, 118 p., 37 pl.

Swinton W. E. 1948. — A cretaceous Pterosaur from the Belgian Congo. *Bull. Soc. Belge Geol. Pal. Hydr.*, Liège, *77*, n° 2, p. 234-238.

B. — POISSONS ET REPTILES DU MAËSTRICHTIEN ET DE L'ÉOCÈNE INFÉRIEUR DES ENVIRONS DE RUTBAH (IRAK)

PAR

J. SIGNEUX

La faune rapportée d'Irak par MM. Arambourg et Dubertret provient de deux gisements différents, situés l'un dans le Maestrichtien et l'autre dans l'Éocène inférieur des environs de Rutbah (piste Damas-Badgad). Cette faune comprend les éléments suivants :

I. — MAËSTRICHTIEN

POISSONS

Lamna caraibaea* var. *africana Dart. et Cas. — Pl. IX, fig. 1 et 2.

En dehors de deux dents, une antérieure inférieure et une latérale supérieure à peu près complètes, nous ne possédons que des fragments de dents de cette variété, dents qui diffèrent de celles de *L. caraibaea* (espèce signalée à Roseifa) par la plus grande largeur de la base de la couronne et, dans l'ensemble, l'aspect général plus massif et plus trapu. Cette variété, très voisine de la forme spécifique, se rencontre dans les niveaux maëstrichtiens du Congo belge (d'où elle a été signalée pour la première fois) et du Maroc.

Ginglymostoma rugosum Dart. et Cas. — Pl. IX, fig. 3 et 4.

Cette espèce fut fondée par Dartevelle et Casier (1943) sur une seule dent des niveaux maëstrichtiens du Congo belge. Dans le matériel des mêmes niveaux des gisements de phosphate du Maroc, Arambourg (1952) en retrouva trois spécimens. Les trois nouveaux échantillons du Maëstrichtien de Rutbah confirment la séparation spécifique de cette nouvelle forme proposée par les auteurs. Il se pourrait aussi que les dents des figures 2 à 6 de la Planche I du Mémoire de Maccagno (1950) sur la faune maëstrichtienne de Tripolitaine appartiennent à cette espèce plutôt qu'à *G. thielense*.

Les dents de Rutbah, étant moins usées que celles du Congo belge et du Maroc, nous permettent de constater que le denticule médian est un peu plus développé que ne le laissait supposer la dent type ; mais tous les autres caractères, face externe fine-

ment plissée par des rides verticales parallèles s'étendant jusqu'à la naissance des denticules dont le revêtement d'émail est lisse, petit nombre de denticules latéraux, sont ceux du type de DARTEVELLE et CASIER.

Squatirhina sp. — Pl. IX, fig. 6 à 8.

Les dents de ce genre créé par CASIER (1947) sont reconnaissables à la structure de leur racine, à l'arrière de laquelle le canal médio-interne est découvert et remplacé par un étroit et profond sillon. Parmi le matériel de Rutbah, cinq dents peuvent être rapportées à ce genre sans que l'on puisse les rattacher aux espèces déjà connues.

L'une d'elles (Pl. IX, fig. 6) est très élancée ; sa cuspide principale est bombée sur ses deux faces, à bords tranchants avec amorce de denticules latéraux à sa base. L'émail de sa face interne se prolonge, à la base, par une petite languette recouvrant la racine tandis que, sur sa face externe, il forme une légère saillie médiane débordant légèrement sur la racine.

Les autres dents (Pl. IX, fig. 7 et 8) ont leur couronne plus basse, triangulaire et convexe, dont, à la face externe, la base présente trois protubérances (une médiane et deux latérales) mais ne se prolonge pas en tablier sur la racine.

Scyliorhinus sp. — Pl. IX, fig. 5.

Une petite dent antérieure, à racine malheureusement incomplète, paraît, par la gracilité et la hauteur de sa couronne, ses denticules latéraux aigus et insérés légèrement en avant de sa base, la forte compression de sa racine, voisine des dents antérieures de *Sc. subulidens* des couches thanétiennes-yprésiennes du Maroc, espèce à laquelle je n'ose, étant donné son mauvais état, la rattacher.

Une autre dent (Pl. IX, fig. 5), beaucoup plus basse et plus robuste, dont la cuspide principale en forme de cône est en retrait des denticules latéraux épais et obtus auxquels elle est reliée sur plus de la moitié de sa hauteur, a le revêtement de la face interne de sa cuspide principale ornée, jusqu'aux 2/3 de sa hauteur, de faibles plis d'émail espacés régulièrement, tandis que celui de la face externe de cette cuspide et des denticules latéraux n'en possède que cinq (un pour la cuspide principale, deux pour chacun des denticules latéraux), plus espacés et plus prononcés. La racine déborde assez fortement la couronne sur les côtés interne et latéraux.

Bien que ne pouvant se rattacher à aucune des espèces de *Scyliorhinus* du Maroc et du Liban, cette dent, par son épaisseur et les replis de son recouvrement d'émail, me paraît devoir être rapportée à ce genre et je l'inscrirai provisoirement sous le nom de *Scyliorhinus* sp.

Raja sp. — Pl. IX, fig. 9 à 12.

Quelques dents de *Raja* rappellent, par la forme de leur couronne dont le contour de la face orale est excavé à son bord externe et par la légère ride transversale de la

face masticatrice, celles de *Raja fallax* Aramb. du Maroc. Mais la face masticatrice est, à l'inverse de celle de *R. fallax*, légèrement bombée et son émail de recouvrement est orné de granulations limitées d'ailleurs à cette face, le reste de la couronne étant lisse.

La racine est, comme celle de *R. fallax*, fortement désaxée vers l'arrière.

Raja mucronata Aramb. — Pl. IX, fig. 13.

Bien que dépourvues de leurs racines, deux très petites dents, par leur contour subtrapézoïdal échancré en avant et muni d'une pointe du côté interne, et par leur face orale plane, proviennent d'un individu de cette espèce, signalée pour la première fois dans l'étage montien des gisements de phosphates du Maroc où elle est d'ailleurs rare.

Rhinobatus sp. — Pl. IX, fig. 14 et 15.

Une dizaine de petites dents de *Rhinobatus* rappellent, par le prolongement médian de l'émail de leur face interne ainsi que par la très grande réduction ou l'absence des prolongements latéraux, celles de plusieurs espèces de *Rhinobatus* du Cénomanien et du Sénonien du Liban (dont nous possédons des squelettes) et de l'un des *Rhinobatus* sp. du Maëstrichtien du Maroc (cf. Arambourg, 1952, p. 187, fig. 44 A et A').

Sclerorhynchus sp.

Plusieurs fragments de couronnes de dents rostrales pourraient se rapporter, par leur forme élancée et leur pointe émaillée, au genre *Sclerorhynchus*, connu du Cénomanien et du Sénonien du Liban et des niveaux maestrichtiens du Maroc et de Tunisie.

Ctenopristis Nougareti Aramb. — Pl. IX, fig. 16.

De cette espèce, une seule dent rostrale incomplète, à racine basse, rectangulaire et comprimée, à couronne oblique, longue et étroite, formant un fort bourrelet saillant au-dessus de la racine, fait apparaître la présence de ce genre et de cette espèce signalés pour la première fois du Maëstrichtien des phosphates du Maroc par Arambourg (1940). D'après M. Casier, cette forme existerait également dans le Maëstrichtien du Congo belge. Je l'ai également retrouvée dans le matériel, du même niveau, du Djebel Tseldja (Tunisie).

Schizorhiza Stromeri Weiler. — Pl. IX, fig. 17.

Six couronnes émaillées, triangulaires à angles émoussés, sont typiques des dents rostrales du *Schizorhiza Stromeri* fréquent dans le Maëstrichtien d'Afrique où il est connu d'Égypte, du désert libyque, de Tripolitaine, de Tunisie, du sud de l'Aurès, du Maroc, du Nigeria, du Sénégal et du Congo belge.

Schizorhiza Stromeri a également été signalé des mêmes niveaux du Brésil par Löfgren et Oliveira (1913) sous le nom erroné de *Insistius* (sic) *trituratus*, et du Texas, par Dunkle (1918), sous le nom de *Schizorhiza Weileri* (espèce tombée en synonymie de *Sc. Stromeri*).

Rhombodus microdon Aramb. — Pl. IX, fig. 18 et 19.

Six petites dents basses, à surface orale plane, contour losangique limité par des arêtes vives, et à racine basse à sillon médian étroit, sont du même type que celles décrites des gisements maëstrichtiens des phosphates du Maroc.

Des fragments de dents de plus grande taille pourraient provenir de la denture du *Rhombodus Binkhorsti*, fréquent dans les niveaux maëstrichtiens d'Afrique.

Parapalaeobates atlanticus Aramb. — Pl. IX, fig. 20.

Une seule dent, à contour hexagonal étiré transversalement, à face orale régulièrement et légèrement convexe et couverte d'une ornementation en nids d'abeilles, à racine basse divisée en deux moitiés égales par un large sillon longitudinal, rappelle celles des niveaux maëstrichtiens du Maroc, d'Algérie et du Congo belge.

Pycnodontes sp.

Plusieurs dents de Pycnodontes, de tailles et de formes variées, se rencontrent parmi notre matériel de Rutbah sans que je puisse les attribuer à un genre plutôt qu'à un autre.

Enchodus elegans Dart. et Cas.

Comme pour le gisement de Roseifa (voir p. 225) les dents d'*Enchodus elegans* sont assez nombreuses dans le Maëstrichtien de Rutbah.

Stephanodus libycus (Dames). — Pl. IX, fig. 21 à 23.

De même qu'à Roseifa cette espèce est présente dans le Maëstrichtien de Rutbah d'où elle est représentée non seulement par des crochets palatins mais aussi par une dent orale dont la couronne présente la forme en pelle, à bord crénelé, caractéristique des dents de cette espèce.

Téléostéens.

De nombreuses petites dents, de formes diverses (pointues, coniques, tubulaires, etc.) sont difficilement attribuables. Deux cependant, par leur forme conique et leur pointe lancéolée émaillée, pourraient se rapporter à un *Dercetidae*.

REPTILES

Plesiosaurus mauritanicus ARAMB.

Des fragments de couronne et de racine d'une dent sont les seuls restes de Reptiles que nous possédions du Maëstrichtien de Rutbah. Ils peuvent se rapporter au *Plesiosaurus mauritanicus*, également signalé, dans cette note, de Roseifa en Jordanie (voir p. 226).

Mosasaurus sp.

Des fragments appartenant au genre *Mosasaurus*, mais indéterminables spécifiquement, ont été observés directement sur le terrain.

II. — ÉOCÈNE

Odontaspis macrota premut. *striata* (WINKLER).

Trois fragments de dents présentent, par la forme élancée de la couronne dont la face interne est ornée de plis verticaux, et par la réduction des denticules latéraux, les caractères de cette forme à large distribution géographique puisqu'on la retrouve dans les niveaux éocènes, inférieurs et supérieurs, en Europe, Afrique (Algérie, Tunisie, Maroc, Égypte, Congo belge, Angola) et États-Unis.

Ginglymostoma Blanckenhorni STROMER. — Pl. IX, fig. 24.

Une seule dent, par sa forme aussi haute que large, sa couronne à revêtement émaillé lisse, à prolongement de sa base en forme de tablier sur la racine, à denticule principal légèrement saillant et denticules latéraux nombreux et petits, est typique de cette forme qui se rencontre dans l'Éocène du Maroc, de Tunisie et d'Égypte.

Galeorhinus formosus ARAMB. — Pl. IX, fig. 25.

Cette espèce a été fondée pour des dents du Thanétien et de l'Yprésien du Maroc. Bien que de Rutbah nous ne possédions qu'une seule dent de *Carcharhinidae* je la rapporte au *Galeorhinus formosus* dont elle possède tous les caractères : taille relativement grande, asymétrie de la couronne, profonde échancrure du côté commissural dont le talon, incomplet, ne porte que deux gros denticules, cuspide principale lisse sur ses deux bords avec quelques crénelures obsolètes à la base du côté symphysaire, et fines rides verticales à la base de l'émail sur la face externe.

Myliobatis sp.

Trois chevrons, très allongés et de petite taille, engagés dans la gangue d'où on ne peut les extraire, attestent la présence de ce genre à Rutbah.

CONCLUSIONS. — I. *Maëstrichtien.* — La faune de Vertébrés recueillie dans le niveau maëstrichtien des phosphates de Rutbah est uniquement composé de dents des Poissons et Reptiles suivants :

POISSONS

Lamna caraibaea var. *africana* DART. et CAS.
Ginglymostoma rugosum DART. et CAS.
Squatirhina sp.
Scyliorhinus sp.
Raja mucronata ARAMB.
Raja sp.
Rhinobatas sp.
Sclerorhynchus sp.
Ctenopristis Nougareti ARAMB.
Schizorhiza Stromeri WEILER
Rhombodus microdon ARAMB.
Rhombodus Binkhorsti DAMES
Parapalaeobates atlanticus ARAMB.
Pycnodontes sp.
Enchodus elegans DART. et CAS.
Stephanodus libycus (DAMES)
Dercetidae

REPTILES

Plesiosaurus mauritanicus ARAMB.
Mosasaurus sp.

A cette liste doit s'ajouter un Chélonien dont quelques fragments de carapace ont été observés sur le terrain.

Ainsi que l'on peut le constater cette faune est très voisine de celle des gisements du même niveau de Roseifa (Jordanie) et si, parmi les éléments qui la composent, quelques formes sont différentes, elles nous amènent néanmoins aux mêmes conclusions que celles du gisement précité.

En effet, si *Rhombodus microdon* a survécu — très sporadiquement — dans quelques gisements montiens des phosphates du Maroc, *Lamna caraibaea* var. *africana*, *Ginglymostoma rugosum*, *Ctenopristis Nougareti*, *Schizorhiza Stromeri*, *Parapalaeobates atlanticus*, les *Dercetidae* et *Plesiosaurus mauritanicus* sont des formes typiquement Crétacé supérieur — maëstrichtiennes pour la plupart — d'Afrique du Nord et du Congo belge et qui confirment ainsi le niveau stratigraphique du gisement phosphatique de Rutbah.

D'autre part — et ceci renforce les rapports biogéographiques des faunes ichtyologiques pendant le Maëstrichtien — l'on a vu, p. 238, que *Schizorhiza Stromeri* avait été signalé du Maëstrichtien du Brésil et du Texas.

II. *Éocène.* — Bien que la faune éocène rapportée de Rutbah soit très pauvre, les quelques éléments qui la composent, *Odontaspis macrota* premut. *striata* (WINKLER), *Ginglymostoma Blanckenhorni* STROMER, *Galeorhinus formosus* ARAMB., *Myliobatis* sp. n'ont, jusqu'ici, été rencontrés que dans les niveaux thanétiens et yprésiens d'Europe et d'Afrique où ils sont fréquents dans les gisements de phosphates du Maroc et de Tunisie.

Il est à remarquer que, ainsi que pour le Maëstrichtien — et ainsi que l'a signalé Arambourg (1952, p. 326) — des rapports biogéographiques certains existaient encore durant l'Éocène entre les faunes ichthyologiques de la Méditerranée et celles des deux bords de l'Atlantique puisque, parmi les quatre éléments qui composent la faune éocène de Rutbah, l'un d'entre eux, *Od. macrota* premut. *striata* a également été signalé de l'Éocène des États-Unis (Formations de Midway et d'Aquia).

BIBLIOGRAPHIE

Arambourg C. 1940. — Le groupe des Ganopristinés. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (5), *X*, p. 127-147, 12 fig., 2 pl.

— 1952. — Les Vertébrés fossiles des gisements de Phosphates (Maroc-Algérie-Tunisie). *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, Paris, nº *92*, 372 p., 62 fig., 44 pl.

Casier E. 1947. — Constitution et évolution de la racine dentaire des Euselachii. II : Étude comparative des types. *Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique*, Bruxelles, *XXIII*, nº 14, 32 p., 10 fig., 4 pl.

Dartevelle E. et Casier E. 1943. — Les Poissons fossiles du Bas Congo et des régions voisines (1re partie). *Ann. Mus. Congo Belge*, Tervuren, A, ser. 3, *II*, fasc. 1, p. 1-200, 16 pl.

Dunkle D. H. 1948. — On two previously unreported selachians from the Upper Cretaceous of North America *Journ. Wash. Acad. Sc.*, Washington, *38*, p. 173-176, 2 fig.

Lofgren A. et Oliveira P. E. 1943. — Fosseis Cretaceos de Aracaju Sergipe (Sondagem em Ponta da Atalaia). *Bol. Div. Geol. Min.* Rio de Janeiro, *106*, vi + 54 p., 7 pl., 3 cartes.

Maccagno A. M. 1950. — Illustrazione della ittiofauna del Maestrichtiano della Tripolitania, raccolta dalla Missione Sanfilippo. *Atti Acc. Pontaniana*, Naples, N. S., *III*, p. 41-64, 2 pl.

C. — POISSONS DE L'ÉOCÈNE DE LA CIMENTERIE DE DOUMAR (SYRIE)

PAR

J. SIGNEUX

Le gisement de la Cimenterie de Doumar a fourni des dents isolées de Sélaciens et quelques restes de Téléostéens, principalement à l'état de squelettes.

SÉLACIENS

Odontaspis cuspidata (Agassiz).

Six couronnes de dents, de forme élancée et dont l'émail de recouvrement est lisse, doivent se rapporter à cette espèce à grande répartition stratigraphique et géographique puisqu'on la rencontre de l'Éocène au Pliocène aussi bien en Europe qu'en Afrique et Amérique du Nord et du Sud. *Odontaspis cuspidata* serait ainsi, pour la première fois, signalée d'Asie.

Isurus oxyrhynchus Rafinesque. — Pl. IX, fig. 26 à 31.

Les dents de cette espèce se rencontrent en grand nombre à Doumar. Leur comparaison avec celles d'une mâchoire d'*Isurus Spallanzani* (= *Isurus oxyrhynchus*) de nos collections nous montre que, par la forme de leurs couronnes, étroites et épaisses, à courbure sigmoïdale prononcée chez les dents antérieures, plus aplaties et plus larges chez les latérales, leurs bords tranchants jusqu'à la base, leur émail de recouvrement lisse, leurs racines épaisses au centre et à branches allongées pour les antérieures, aplaties et presque rectilignes pour les latérales, nos dents doivent être rattachées à cette espèce actuelle.

Ainsi que l'a fait remarquer Arambourg (1927), c'est à cette espèce qu'un grand nombre de dents d'*O. Desori* doivent se rapporter. Sa distribution stratigraphique s'étend ainsi de l'Éocène à l'époque actuelle, car on la trouve actuellement vivante dans la Méditerranée et l'Atlantique et, fossile, en Europe, Asie (Formose, Chine), Amérique et Australie.

Carcharodon auriculatus (Blainville). — Pl. IX, fig. 32 à 35.

Une trentaine de dents, plus ou moins complètes, sont typiques de cette espèce et sont reconnaissables à leur robustesse, leur étroitesse comparativement à leur hauteur, leur face externe plate ou très légèrement convexe, leur face interne bombée, leurs denticules latéraux (un peu plus petits cependant sur nos dents que sur celles décrites par Agassiz) et les crénelures de leurs bords latéraux tranchants. La couronne des dents antérieures forme un triangle élevé et celle des latérales est suivant leur position, plus ou moins courbée, vers la commissure.

Cette espèce est très fréquente dans l'Éocène et l'Oligocène, atteint peut-être le début du Miocène, et a été signalée aussi bien d'Europe que d'Amérique, Afrique et peut-être d'Arabie (voir Woodward, 1889, p. 415).

TÉLÉOSTÉENS

Cylindracanthus rectus Agassiz.

Un fragment typique de rostre de *Cylindracanthus* a été trouvé à Doumar. Il ne diffère en rien, par sa section cylindrique et son ornementation externe de cannelures longitudinales régulières sur tout le pourtour, de ceux des formations éocènes d'Europe, Afrique (Algérie, Maroc, Congo, Nigeria, Sénégal) et même d'Amérique d'où il fut signalé, sous les noms de *Cylindracanthus acus* et *Coelorhynchus ornatus*, par Cope (1870 et 1871).

Famille des CHIROCENTRIDAE.

Genre *Platinx* AGASSIZ.

Platinx intermedius AG.
Pl. X, fig. 3.

Le genre *Platinx* a été fondé par AGASSIZ pour des Poissons de l'Éocène du Monte Bolca (Italie) reconnaissables à première vue à leur corps allongé et comprimé latéralement, à leurs nageoires pectorales considérablement longues et dont le premier rayon est très large et plat, leurs pelviennes très petites, leur dorsale basse et très étendue, opposée à l'anale également très étendue et sans lobe antérieur pointu, leur caudale fourchue. Les vertèbres sont au nombre d'environ 70 dont, approximativement, la moitié sont caudales. Les écailles sont grandes et lisses.

Ce genre fut d'abord classé par AGASSIZ dans la famille des Scombéroïdes, puis dans celle des Halécoïdes ; mais, en 1901, WOODWARD le plaça parmi les *Chirocentridae*, ce qui paraît légitime étant donnés les caractères anatomiques de ce Poisson.

Parmi le matériel rapporté par L. DUBERTRET de la cimenterie de Doumar se trouve le fragment d'un gros *Chirocentridae* (Cat. *Doumar* nº 1) dont il ne subsiste malheureusement qu'une portion (longueur 17 cm., largeur maxima incomplète 9 cm.) de la partie ventrale, ainsi qu'une partie d'une longue pectorale.

Cette portion de la pectorale mesure 16 cm de longueur. Mais la largeur de son premier rayon plat, la finesse des rayons qui le suivent et la grande taille et l'uniformité des écailles qui recouvrent le corps suffisent à montrer que nous nous trouvons bien en présence d'un Poisson du genre *Platinx*.

Comparé aux exemplaires du Monte Bolca des collections du Muséum, c'est de l'espèce *intermedius* EASTMAN que, par sa taille et ses proportions, notre fossile se rapproche le plus. Je l'inscrirai donc provisoirement sous le nom de *Platinx intermedius* EASTMAN.

Famille des GADIDAE.

Genre *Nemopteryx* AGASSIZ.

La famille des *Gadidae* ne possède que peu de représentants fossiles. Aussi est-il intéressant de trouver, parmi la faune de Doumar, deux spécimens, malheureusement incomplets, de cette Famille, dont l'un devait être environ deux fois plus long que l'autre.

Les *Nemopteryx* ont le corps allongé, légèrement effilé en arrière et comprimé latéralement. Leurs vertèbres précaudales ne présentent point d'élargissement des parapophyses. Leurs mâchoires sont bordées d'une simple série de dents, grandes, pointues, recourbées et espacées. Leurs nageoires pectorales sont étendues, leurs pelviennes

petites. La dorsale est divisée en deux ou trois portions de longueurs différentes et l'anale en deux parties semblables. La caudale est tronquée ou arrondie postérieurement.

Nemopteryx Dubertreti nov. sp.

Pl. X, fig. 1, 1 *a*, 2.

Matériel. — Cat. *Doumar n*º 2 : hémisome [1] droit d'un *Gadidae* de petite taille auquel il manque la partie antérieure de la tête et l'extrémité postérieure du corps. Cet hémisome mesure 22 cm de la partie antérieure de l'orbite à la 40ᵉ vertèbre : la hauteur au niveau de la 18ᵉ vertèbre est de 4 cm.

Cat. *Doumar n*º 3, hémisomes droit et gauche de la partie inférieure droite de la tête et quelques vertèbres axiales. Le tout mesure 40 cm du tiers de l'extrémité antérieure du dentaire à la 40ᵉ vertèbre environ ; la hauteur, au niveau de la 18ᵉ vertèbre, est de 5 cm.

Description. *Tête.* — Bien que, sur le spécimen nº 2, certains os de la partie postérieure de la tête soient déplacés par suite de la fossilisation, l'on peut y observer les caractères suivants :

au-dessus de l'orbite, le frontal se présentant par sa face interne élargie puis, postérieurement, de profil ; le supra-occipital que l'on aperçoit entre les post-temporaux et dont la crête est cassée, le parasphénoïde, visible dans la région orbitaire. L'on distingue également sur ce spécimen une portion de l'hyomandibulaire gauche, les arcs branchiaux garnis de spinules, une partie du préopercule gauche sous laquelle l'épihyal et l'extrémité postérieure du cératohyal, robustes, sont conservés.

Sur les hémisomes droit et gauche du spécimen nº 3, l'opercule triangulaire, à base concave, et le préopercule allongé droits sont dédoublés ; la face interne de l'hyomandibulaire droit (vue sur l'hémisome droit) nous montre que ces pièces operculaires ont subi un enfoncement vers l'intérieur de la tête ; il n'est pas question, en effet, que nous nous trouvions en présence de l'opercule gauche puisque les rayons branchiaux apparaissent, sur le côté gauche, sous l'opercule. L'interopercule et l'os carré sont visibles sur l'hémisome droit, ainsi que les deux tiers postérieurs du dentaire. Sous l'extrémité antérieure, cassée, de ce dentaire, l'on aperçoit une plaque garnie de petits alvéoles dentaires serrés les uns contre les autres qui pourrait être le vomer.

Squelette appendiculaire. — De la ceinture pectorale du spécimen nº 2, le cleithrum droit, visible par sa face interne, est presque entier et est recoupé par le métacleithrum gauche ; une partie de cleithrum gauche est également conservée, ainsi que le post-temporal gauche, long et fourchu (vu par sa face externe) et la partie postérieure du droit (vu par sa face interne).

Sur les deux hémisomes du spécimen nº 3, le cleithrum droit, dédoublé, est conservé de même que, sur l'hémisome droit, une partie de l'hypercleithrum et, sur le gauche, le métacleithrum gauche allongé.

1. Cf. Chabanaud, 1938.

De la nageoire pectorale, conservée sur le spécimen nº 2, l'on ne peut évaluer la longueur exacte ; elle comprend 16 rayons.

Des pelviennes, il ne reste, sur le spécimen nº 3, que quelques rayons.

Le nombre de nageoires dorsales ne peut être indiqué, pas plus que le nombre de leurs rayons bien qu'un certain nombre de radiophores subsistent sur l'hémisome nº 2. Le rayon situé au-dessus de la 6e neuracanthe paraît devoir être le premier rayon dorsal.

L'anale est aussi trop mal conservée pour pouvoir être décrite.

La caudale manque.

Squelette axial. — La colonne vertébrale, incomplète, du nº 2 possède une quarantaine de vertèbres. Les corps vertébraux sont environ deux fois plus longs que hauts, excepté ceux des deux premières cervicales chez lesquelles la longueur est égale à la hauteur. Les neuracanthes sont, sauf celle de la première cervicale qui est plus courte, hautes, épaisses et ridées longitudinalement ; leur épaisseur diminue progressivement surtout à partir de la 10e vertèbre. Les parapophyses n'ont laissé que des traces frustes, mais ne sont pas, comme chez le genre *Gadus*, étalées et aplaties, ce qui est un des principaux caractères du genre *Nemopteryx.* Les hémacanthes, dont la première visible se situe au niveau de la 12e vertèbre, sont longues et également ridées longitudinalement. Les épi- et hypozygapophyses antérieures et postérieures sont conservées sur un grand nombre de vertèbres.

Sur le spécimen nº 3, les vertèbres, dont 8 ou 9 antérieures sont absentes, sont moins bien conservées mais possèdent les mêmes caracteres.

Rapports et différences. — Plusieurs espèces ont été créées pour des spécimens, le plus souvent incomplets et déformés par la fossilisation, de *Nemopteryx* de l'Oligocène inférieur ou moyen d'Europe : Suisse, Karpathes, Moravie, Hongrie, Roumanie.

Parmi ces espèces, deux seulement sont représentées par des spécimens complets qui peuvent ainsi être comparés à notre fossile de Doumar : celui de *N. athanasiui*, de l'Oligocène de Roumanie, décrit, en 1929, sous le nom de *Merluccius athanasiui*, par Pauca — qui rattacha ensuite (1931) cette espèce au genre *Nemopteryx* — et celui de *N. kubacskai* Weiler (1935) de l'Oligocène de Hongrie.

Mais leurs rapports de proportions diffèrent de ceux de nos spécimens. C'est ainsi que, chez *N. athanasiui*, la longueur de la tête est de 4 cm pour une longueur totale du corps de 15 cm (rapport : 1,375) et que chez *N. kubacskai* ce même rapport est de 1/3, tandis que, chez notre fossile il serait de près de 1/5, les 40 vertèbres présentes chez notre spécimen nº 2 représentant déjà 19 cm et la tête 5 cm environ, ce qui nous donnerait une longueur totale de 24 cm + ?

De ces deux formes notre fossile diffère aussi par sa formule vertébrale qui est en effet de 11 ou 12 précaudales et 28 + ? caudales, tandis qu'elle est de 17 + 23 chez *N. athanasiui* et de 20 + 27 chez *N. kubacskai.*

Pour ces diverses raisons je proposerai donc de donner à l'espèce syrienne le nom de *N. Dubertreti* nov. sp., en l'honneur de L. DUBERTRET par qui fut rapportée la faune de Doumar.

Famille des SCOMBRIDAE.

Genre *Aramichthys* nov. gen.

Aramichthys dammeseki nov. sp.

Pl. XI.

Une autre forme est, dans le matériel provenant de Doumar, représentée par une portion de tronc (Cat. *Doumar n°* 4) dont les deux faces externes et le moulage interne aplati sont conservés.

Matériel : face externe droite ne comportant qu'un épais revêtement écailleux, l'extrémité postérieure de quelques rayons d'une pectorale et la partie antérieure tronquée de l'anale. Pl. XI, fig. 2 ;

— face externe gauche avec même revêtement écailleux compact, et nageoire dorsale. Pl. XI, fig. 1 ;

— moulage interne avec treize vertèbres, côtes, parties des carènes dorsale et ventrale, ptérygophores de la dorsale et partie de l'anale. Pl. XI, fig. 3 ;

— prémaxillaire gauche. Pl. XI, fig. 4.

Description. — Le moulage interne — dont le côté droit a été dégagé de son revêtement écailleux pour en faciliter l'étude — nous a livré une partie des squelettes appendiculaire et axial.

Squelette appendiculaire. — De la nageoire dorsale dont, sur la face externe droite du tronc, dix rayons sont conservés, il ne reste, sur la face gauche du moulage interne, que les baséostes et épibaséostes ; quelques axonostes déplacés sont visibles sur la face droite de ce moulage ; ils ont la forme d'une feuille allongée, avec carène longitudinale au centre, et leur surface d'articulation avec le baséoste est très robuste.

La nageoire anale est tronquée et n'a laissé, sur la face externe droite, que l'empreinte de la base de dix rayons. Sur le moulage interne sept baséostes et la base de six rayons sont conservés. Cette nageoire est un peu plus reculée que la dorsale : elle prend naissance en face de l'extrémité postérieure de cette dernière.

En arrière de l'anale et de la dorsale l'on observe quelques empreintes des carènes dorsale et ventrale des *Scombridae* avec supracarénaux postérieurs et pinnules.

Squelette axial. — Il se compose de 13 vertèbres, dont 6 abdominales et 7 caudales. Ces vertèbres ont la forme d'un sablier dont la longueur (de 19 à 22 mm) est le double de la largeur au centre (9 à 10 mm) et est égale à la largeur au niveau des zygapophyses. Les neurapophyses et neuracanthes, hémapophyses et hémacanthes, épizygapophyses et hypozygapophyses antérieures et postérieures sont parfaitement conservées. Quelques côtes, dont certaines déplacées, sont visibles dans la partie abdominale.

Revêtement. — Les écailles, de type cténoïde, sont épaisses. La face externe de leurs champs antérieur et latéraux est lisse et à bord simple ; la face interne du champ antérieur porte un sillon central. Le champ postérieur est orné de crêtes radiaires partant du foyer et se terminant par des spinules (voir Pl. XI, fig. 1 et 5).

Il est à remarquer que, sur le tronc, le long et en arrière de la dorsale et de l'anale, les spinules des quatre ou cinq rangées supérieures s'allongent pour former des écailles ciliées (qui bordaient peut-être les sillons dans lesquels les nageoires se rabattaient).

De petites écailles allongées recouvrent aussi les rayons des nageoires.

Prémaxillaire. — Je rattache à ce Scombridé un prémaxillaire gauche trouvé au voisinage des pièces précédentes et dont la taille correspond à celle de la portion de tronc conservée.

Ce prémaxillaire a une forme allongée et se termine en avant en un rostre aigu. Les dents conservées (13) sont courtes, larges, épaisses au niveau du collet et obtuses à leur sommet ; les bords qui séparent les faces internes et externes sont tranchants sur toute leur hauteur ; l'on observe, sur les dents les plus reculées et de chaque côté de la base de la couronne du côté externe, une dépression qui donne à ces dents un aspect encore plus bombé. Les dents antérieures sont plus petites que les suivantes dont l'augmentation paraît d'ailleurs régulière. Toutes ces dents sont très rapprochées les unes des autres.

Rapports et différences. — A première vue, c'est du genre *Cybium* que notre fossile de Doumar se rapproche le plus. La forme du prémaxillaire est la même ; le squelette axial, la disposition de la dorsale par rapport à l'anale, la forme et les proportions des vertèbres, les carènes ventrale et dorsale sont d'un Scombridé voisin du *Cybium*.

Mais les dents sont plus courtes et plus rapprochées les unes des autres que celles de ce genre, en particulier que celles de *C. speciosum* du Monte Bolca. De plus les dépressions de la base de leur face externe sont latérales au lieu de médianes. D'autre part, chez *C. speciosum*, les écailles sont plus minces, leurs champs antérieur et latéraux sont couverts de fines stries concentriques (ou circuli) et les crêtes radiaires n'ont pas la même disposition.

Par leur taille et leur disposition les dents de notre fossile sont très voisines de celles de l'*Acanthocybium solandri* figuré par G. Miles Conrad (1938), mais les vertèbres sont différentes et ne possèdent qu'une seule carène.

Le Poisson de Doumar est donc différent par son revêtement écailleux et par sa denture des Cybiinés actuellement connus. Je proposerai de l'inscrire sous les noms générique et spécifique nouveaux de *Aramichthys dammeseki* [1].

1. De Aram Dammesek, ancien nom de la Syrie des environs de Damas.

Conclusions. — La faune de la carrière de marne crayeuse de Doumar que nous possédons ne se compose que des éléments suivants :

Odontaspis cuspidata (Agassiz)
Isurus oxyrhynchus Rafinesque
Carcharodon auriculatus (Blainville)
Cylindracanthus rectus Agassiz
Platinx intermedius Eastman
Nemopteryx Dubertreti nov. sp.
Aramichthys dammeseki nov. gen., nov. sp.

Ainsi que nous pouvons le constater, si, quantitativement, ce matériel est peu important, il renferme, par contre, deux formes nouvelles dont, une, générique.

Du point de vue stratigraphique les Poissons de Doumar ne nous fournissent que peu de renseignements, car les Sélaciens (*Od. cuspidata, I. oxyrhynchus* et *C. auriculatus*) sont des formes à grande répartition stratigraphique et si, parmi les Téléostéens, *C. rectus* et *P. intermedius* n'ont été rencontrés que dans l'Éocène, le premier y est connu de l'Éocène inférieur à l'Éocène supérieur et le second de l'Éocène supérieur du Monte Bolca. Quant au genre *Nemopteryx* il n'avait été, jusqu'ici, signalé que de l'Oligocène inférieur ou moyen d'Europe ; l'espèce de Doumar en est donc le premier représentant éocène.

Du point de vue biogéographique nous retrouvons, pour cette faune, les mêmes rapports « Atlantique-Méditerranée » que pour les faunes maestrichtiennes et éocène de Jordanie et d'Irak puisque *Od. cuspidata, I. oxyrhynchus, Carcharodon auriculatus* et *Cylindracanthus rectus* ont été rencontrés aussi bien en Europe, Asie et Afrique qu'en Amérique du Nord et même du Sud (*Od. cuspidata*).

BIBLIOGRAPHIE

Arambourg C. 1927. — Les Poissons fossiles d'Oran. *Matér. Carte Géol. Algérie, Alger*, 1re série, Paléontologie, no *6*, 298 p., 49 fig., 16 pl.

Conrad G. M. 1938. — The osteology and relationships of the Wahoo (*Acanthocybium solandri*). *Amer. Mus. Novitates*, New York, no 100, 32 p., 9 fig.

Cope E. D. 1870. — Fourth Contribution to the History of the Fauna of the Miocene and Eocene Periods of the United States. *Proceed. Amer. Phil. Soc.*, Philadelphia, n. s., *XI*, p. 285-294.

— 1871. — Synopsis of the extinct *Batrachia* and *Reptilia* of North America. *Trans. Amer. Phil. Soc.*, Philadelphia, n. s., *XIV*, p. 105-252, 55 fig., 14 pl.

Pauca M. 1929. — Vorläufige Mitteilungen über eine fossile Fischfauna aus den Oligozänschiefern von Suslanesti (Muscel). *Bull. Sect. Scient. Acad. Roumaine*, Bukarest, *XII*, p. 112-120.

— 1931. — Die fossile Fauna und Flora aus dem Oligozän von Suslanesti-Muscel in Rumanien. *Anuar. Inst. Geol. Romaniei*, Bucuresti, *XVI*, 99 p., 30 fig., 7 pl.

Weiler W. 1935. — *Nemopteryx kubacskai* n. sp. aus dem Kleinzeller Tegel bei Budapest, zugleich ein Beitrag zur Geschichte der Gattungen *Nemopteryx* Ag. und *Merluccius* L. *Palaeont. Zeitsch.*, Berlin, *17*, p. 27-44, 7 fig.

Woodward A. S. 1889. — Catalogue of the fossile Fishes in the British Museum. Part. I, London, 474 p., fig., 17 pl.

— 1901. — *Id.* Part. IV, 636 p., fig., 19 pl.

D. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

PAR

J. SIGNEUX

Les faunes des gisements maëstrichtiens (Jordanie, Irak) et éocènes (Irak, Syrie) qui ont fait l'objet de cette étude nous permettent, dans leur ensemble, d'apporter une intéressante contribution à la Paléontologie du Proche-Orient.

TABLEAU I. — LISTE GÉNÉRALE ET DISTRIBUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DES POISSONS ET REPTILES MAESTRICHTIENS DE ROSEIFA ET DE RUTBAH.

	ROSEIFA	RUTBAH	EUROPE	AFRIQUE DU NORD[1]	ÉGYPTE	TRIPOLITAINE	LIBYE	CONGO BELGE	NIGERIA	AMÉRIQUE
POISSONS										
Scapanorhynchus tenuis DAVIS. . .	+		+	+		+				
— *rapax* (QUAAS). . . .	+			+	+		+			
Lamna biauriculata (WANNER)				+	+			+	+	+
— *caraibaea* LERICHE.	+			+				+		+
— — *africana* D. et C.		+		+				+		
Corax Kaupi AG.			+	+	+			+		
— *pristodontus* AG.				+	+			+		
Ginglymostoma Lehneri LERICHE.				+						
— *rugosum* D. et C.		+		+		+		+		
Squatirhina sp.		+								
Scyliorhinus sp.		+								
Raja mucronata ARAMB.		+		+						
Raja sp.	+	+								
Rhinobatus sp.		+		+						
Sclerorhynchus sp.		+								
Ctenopristis Nougareti ARAMB.		+		+				+		
Schizorhiza Stromeri WEILER.		+		+	+	+	+	+	+	+
Rhombodus microdon ARAMB.		+		+						
Binkhorsti DAMES.	+	+	+	+	+					
Parapalaeobates atlanticus ARAMB. . . .		+		+						
Enchodus elegans D. et C.	+	+		+						
— *Bursauxi* ARAMB.	+			+						
— *libycus* (QUAAS)	+			+			+			
Stratodus apicalis COPE	+			+						+
Stephanodus libycus (DAMES).	+	+		+		+	+	+	+	
Pseudoegertonia Bebiunoi D. et C.	+							+		
REPTILES										
Mosasaurus cf. *anceps* (OWEN).	+		+	+						
sp.		+								
Platecarpus ptychodon ARAMB.	+			+						
Plesiosaurus mauritanicus ARAMB.	+	+		+						
Globidens aegyptiacus ZDANSKY.				+	+					
Crocodilus sp..	+									
Titanopteryx philadelphiae ARAMB.	+									

1. Maroc, Algérie ou Tunisie.
2. Les espèces déjà signalées au Proche-Orient sont entourées par un cercle.

TABLEAU II. — LISTE GÉNÉRALE ET DISTRIBUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DES POISSONS ÉOCÈNES DE RUTBAH ET DOUMAR.

POISSONS	RUTBAH	DOUMAR	EUROPE	AFRIQUE DU NORD	ÉGYPTE	CONGO BELGE	ANGOLA	NIGERIA	AMÉRIQUE
Odontaspis macrota striata (WINKL.)	+		+	+	+	+	+		
— *cuspidata* (AG.)		+	+		+				+
Isurus oxyrhynchus RAFINESQUE			+						+
Carcharodon auriculatus (BLAINV.)			+	+	+				+
Ginglymostoma Blanckenhorni STROM.	+			+	+				
Galeorhinus formosus ARAMB.	+			+					
Myliobatis sp.	+								
Cylindracanthus rectus (AG.)		+	+	+		+	+	+	+
Platinx intermedius.		+	+						
Nemopteryx Dubertreti nov. sp.		+							
Aramichthys dammeseki nov. gen. nov. sp.		+							

D'après les tableaux ci-dessus nous pouvons constater en effet

A. Que l'apport paléontologique est important puisque :

1° sur 41 espèces, 7 seulement (*Scapanorhynchus rapax*, *Lamna biauriculata*, *Isurus oxyrhynchus*, *Corax pristodontus*, *Carcharodon auriculatus*, *Stratodus apicalis* et *Globidens aegyptiacus* avaient déjà été signalées d'Asie. Les genres *Scapanorhynchus*, *Scyliorhinus*, *Sclerorhynchus*, *Rhinobatus*, *Raja* et *Enchodus* sont présents dans les niveaux cénomaniens et sénoniens du Liban, mais ils y sont représentés par des espèces différentes ;

2° les niveaux maëstrichtiens de Jordanie nous ont livré, avec le *Titanopteryx philadelphiae*, le premier reste de Ptérosaurien du Continent asiatique ;

3° l'on trouve deux formes nouvelles dans le gisement éocène de Doumar (Syrie) : l'une spécifique, *Nemopteryx Dubertreti*, l'autre générique et spécifique, *Aramichthys dammeseki*.

B. - D'autre part, ces faunes, par leurs formes caractéristiques, nous ont permis, pour la plupart, de confirmer l'âge maëstrichtien et éocène inférieur des dépôts phosphatés de Roseifa et de Rutbah dont la localisation stratigraphique a été donnée par L. DUBERTRET au début de ce Mémoire.

On ne manquera pas de remarquer que ces faunes sont bien différentes de celles du Liban qui appartiennent au Cénomanien (gisements d'Hakel et Hadjula) et au Sénonien (Sahel Alma). Malgré la différence des biotopes (celles du Liban sont moins littorales et leur fossilisation s'est effectuée plus loin de la côte) on y retrouve cependant certains genres communs, mais, comme il a été dit plus haut, aucune des espèces ne leur est commune ce qui provient de leur appartenance à des époques chronologiquement bien distinctes.

C. — Si l'on considère les caractères climatologiques de ces faunes (d'après des représentants vivants voisins des éléments qui les composent) nous pouvons constater que la plus grande partie de ces formes, à répartition littorale et pélagique, vivaient dans les mers chaudes des régions subtropicales ou tropicales, le genre *Raja*, seul, pouvant également se rencontrer dans les mers froides.

D'autre part, nous retrouvons, au Proche-Orient, les mêmes formes que dans les couches phosphatées du Maroc, de Berbérie et de Tunisie, ce qui démontre l'uniformité des conditions bionomiques qui ont accompagné le phénomène de phosphatogenèse.

D. — Enfin les faunes des gisements de Roseifa et de Rutbah confirment l'extension à toute la Mésogée des caractéristiques paléontologiques qui permettent de définir la fin du Crétacé et le début du Tertiaire. On y retrouve, en effet, la même discontinuité faunique qui marque partout ailleurs — et d'une façon rigoureuse — le passage du Maestrichtien au Paléocène ; cette discontinuité paraît même plus accentuée encore que dans le reste du domaine mésogéen puisque, en Berbérie et au Congo, un étage montien peut être distingué entre le Maëstrichtien et le Thanétien.

Il est bien évident que ce total renouvellement des faunes ichtyologiques correspond à de profondes modifications des milieux bio-cosmiques qui en expliquent la généralité, puisque l'on observe les mêmes phénomènes jusque dans la zone américaine du sillon mésogéen. Ces données biologiques peuvent être considérées comme le critère absolu qui permet de séparer les deux grands systèmes de la chronologie géologique — Mésozoïque et Tertiaire — et elles priment toutes les autres considérations lithologiques et stratigraphiques locales qu'on pourrait être tenté de leur opposer.

Manuscrit remis en décembre 1958.

TABLE DES MATIÈRES

EXPLICATION DES PLANCHES VII A XI

Planche VII.

Roseifa.

Fig. 1 *a* et 1 *b*. — *Libycoceras* sp. ex gr. *ismaeli*. Face et profil. — G. N.

Fig. 2 *a* et 2 *b*. — — Face et profil. — G. N.

Fig. 3 *a* et 3 *b*. — *Didymoceras* sp. — G. N.

Fig. 4 et 5. — *Scapanorhynchus rapax*. *4*, antérieure inférieure ; *5*, symphysaire inférieure ; faces internes. — G. N.

Fig. 6 à 8. — *Scapanorhynchus tenuis*. *6*, symphysaire ; *7*, antérieure ; *8*, latérale. Faces internes. — × 2.

Fig. 9 à 13. — *Lamna biauriculata*. *9* et *10*, antérieures ; *11* à *13*, latérales. Faces internes. — G. N.

Fig. 14 à 17. — *Corax Kaupi*. *14* et *15*, inférieures droite et gauche ; *16* et *17*, supérieures gauche et droite. Faces internes. — G. N.

Fig. 18 à 20. — *Ginglymostoma Lehneri*. Faces internes. — × 2.

Fig. 21 à 25. — *Raja* sp. Faces internes et orale. — × 2.

Fig. 26 et 27. — *Rhombodus Binckhorsti*. Faces orale et interne. — G. N.

Fig. 28 à 31. — Pycnodontes. Faces orales. — × 2.

Fig. 32 à 34. — *Pseudoegertonia Bebianoi*. *32* et *33*, faces basilaires ; *34*, face orale. × 2.

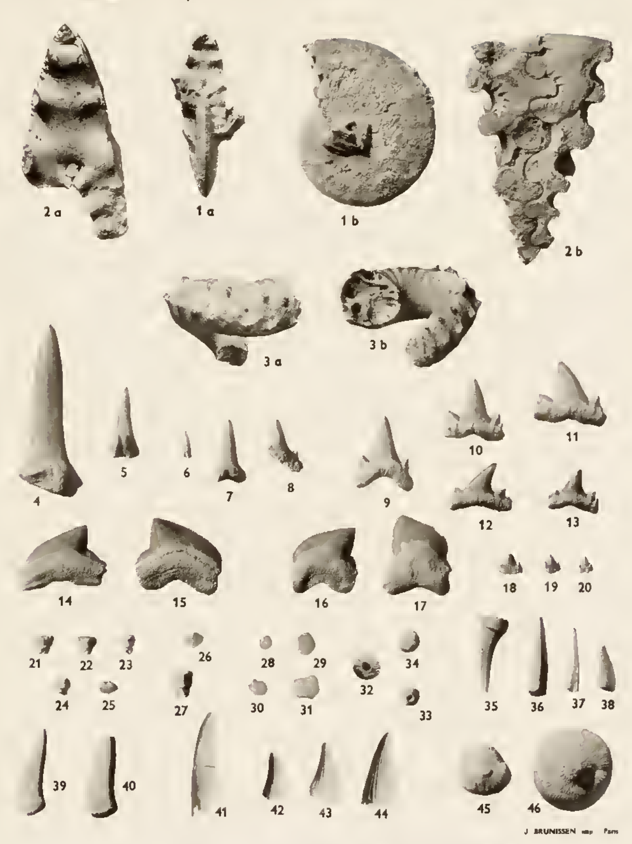
Fig. 35 à 38. — *Enchodus elegans*. *35*, crochet palatin ; *36* à *38*, latérales. G. N.

Fig. 39 et 40. — *Enchodus Bursauxi*. Latérales. — G. N.

Fig. 41. — *Plesiosaurus mauritanicus*. Face linguale. — G. N.

Fig. 42 à 44. — *Platecarpus ptychodon*. — Dents diverses. — G. N.

Fig. 45 et 46. — *Globidens aegyptiacus*. — Dents maxillaires. — G. N.



J BRUNISSEN imp. Paris

J. SORNAY : Ammonites crétacées de Jordanie

J. SIGNEUX : Poissons et Reptiles de Jordanie

Planche VIII.

Roseifa.

Fig. 1, 1 *a*. *Titanopteryx philadelphiae.* — Métacarpien V. *1*, face latérale, *1 a*, face dorsale. — × 1/4.

Fig. 2. — *Titanopteryx philadelphiae.* — Face articulaire distale, vue frontale, du métacarpien V. — × 2/3 environ.

Fig. 3. — Coupe tangentielle dans la paroi osseuse d'un tibia de Flamant. — × 245.

Fig. 4. — Coupe tangentielle dans la paroi osseuse d'un métacarpien V de *Pteranodon ingens* du Kansas. — × 245.

Fig. 5. — Coupe tangentielle dans la paroi osseuse du métacarpien V de *Titanopteryx philadelphiae.* — × 245.

3

4

5

1 a

1

2

J. BRUNISSEN, imp. Paris

C. ARAMBOURG : *Titanopteryx* du Crétacé de Jordanie



Planche IX.

Routba (Maestrichtien).

Fig. 1 et 2. — *Lamna caraibaea* var. *africana*. *1*, antérieure ; *2*, latérale. Faces externes. — × 2.
Fig. 3 et 4. — *Ginglymostoma rugosum*. Faces internes. — × 3.
Fig. 5. — *Scyliorhinus* sp. — Face externe. — × 3.
Fig. 6 à 8. — *Squatirhina* sp. — Faces externes. — × 3.
Fig. 9 à 12. — *Raja* sp. Faces internes. — × 3.
Fig. 13. — *Raja mucronata*. Face orale. — × 3.
Fig. 14 et 15. — *Rhinobatus* sp. Faces internes. — × 3.
Fig. 16. — *Ctenopristis Nougareti*. Dent rostrale. — × 3.
Fig. 17. — *Schizorhiza Stromeri*. Couronne émaillée. — × 3.
Fig. 18 et 19. — *Rhombodus microdon*. Faces orales. — × 3.
Fig. 20. — *Parapalaeobates atlanticus*. Face orale. — × 2.
Fig. 21 à 23. — *Stephanodus libycus*. *21* et *22* dents pharyngiennes ; *23*, dent orale. — × 3.

Routba (Éocène).

Fig. 24. — *Ginglymostoma Blanckenhorni*. Face interne. — × 2.
Fig. 25. — *Galeorhinus formosus*. Dent latérale, face externe. — × 2.

Doumar.

Fig. 26 à 31. — *Isurus oxyrhynchus*. *26*, *27*, et *30*, antérieures ; *28*, *29* et *31*, latérales. Faces internes (*26*, *28*, *31*), externes (*29*, *30*) et profil (*27*). — G. N.
Fig. 32 à 35. — *Carcharodon auriculatus*. Dent antérieure (*32*) face externe ; dents latérales (*33* à *35*) faces internes. — G. N.



J. BRUNISSEN imp. Paris

J. SIGNEUX : Poissons du Crétacé et de l'Eocène d'Irak et de Syrie

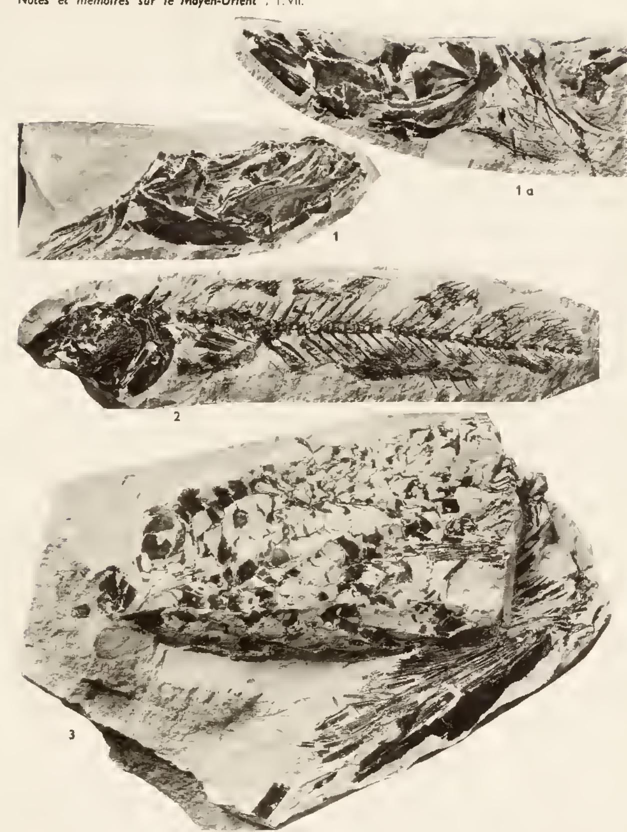
PLANCHE X.

DOUMAR.

FIG. 1 et 1 *a*. — *Nemopteryx Dubertreti*. Hémisomes droit et gauche du spécimen nº 3. — × 2/3.

FIG. 2. — *Nemopteryx Dubertreti*. Spécimen nº 2. — × 2/3.

FIG. 3. — *Platinx intermedius*. — × 2/3.



J. BRUNISSEN imp. Paris

J. SIGNEUX : Poissons de l'Eocène de Syrie

Planche XI.

Doumar.

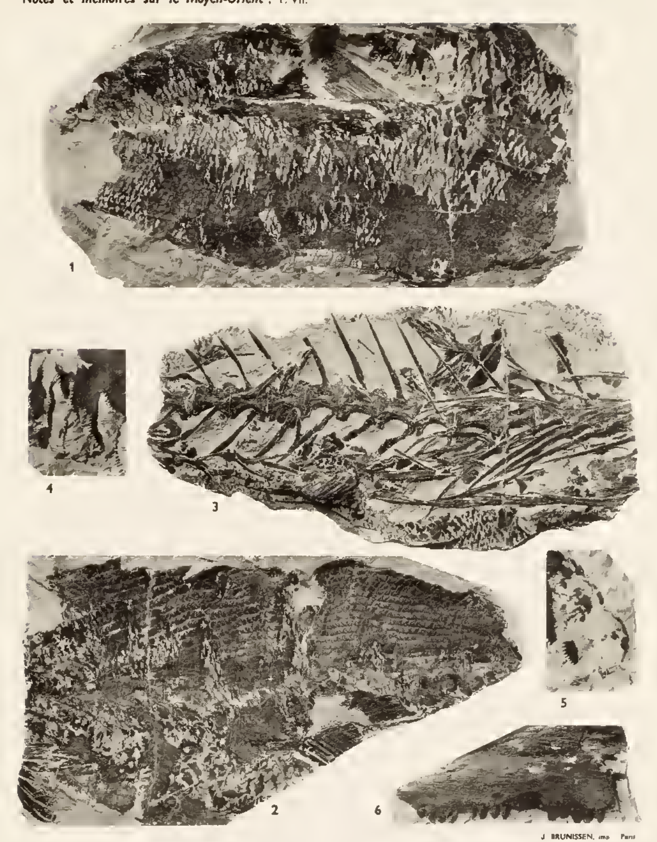
Fig. 1. — *Aramichthys dammeseki*. Face interne de l'hémisome gauche. — × 1/2.

Fig. 2. — Même spécimen, face interne de l'hémisome droit. — × 1/2.

Fig. 3. — Moulage interne du même spécimen. — × 1/2.

Fig. 4 et 5. — Écailles (grossies 2 fois) du même spécimen.

Fig. 6. — *Aramichthys dammeseki*. Prémaxillaire. — × 2/3.



J. BRUNISSEN, imp. Paris

J. SIGNEUX : Poissons de l'Eocène de Syrie

RICHARD ALLAN BRAMKAMP

Le 1er septembre 1958 est décédé Richard Allan BRAMKAMP, géologue en chef de l'Arabian American Oil Company à Dhahran (Arabie Séoudienne), dans sa 48e année. La famille des géologues du Moyen-Orient perdait ainsi l'un de ses membres les plus actifs et aimés.

J'avais fait la connaissance de BRAMKAMP à Alger, en 1952, lors de la 19e session du Congrès Géologique International. Depuis il m'a maintes fois visité au Liban et nous parcourions ensemble la montagne... Je me souviens particulièrement d'une excursion dans la vallée du Nahr Ibrahim, en compagnie de Crystal Linville WANDER, qu'il devait épouser à l'automne 1956, et des miens.

Il avait accepté de collaborer au Lexique Stratigraphique International pour l'Arabie Séoudienne. De même avait-il établi une nouvelle esquisse géologique de ce pays, à échelle réduite, pour servir à la révision de la Carte géologique internationale de l'Afrique éditée par l'Association des Services Géologiques Africains.

Il m'invita à Dhahran au printemps 1956. Il me montra les grandes structures pétrolifères qui venaient d'être découvertes, et m'entraîna à plonger dans les lagunes littorales, dont il étudiait la salinité et les dépôts. Puis il m'emmena au cœur du Rubh'el Khali, ce grand désert sableux occupant le Sud de la péninsule Arabique, dont le nom, créé par l'explorateur PHILBY, signifie « la demeure du vide ». C'est là que je découvris véritablement BRAMKAMP : de grande simplicité, le visage rayonnant de joie... il n'était pleinement heureux que sur son terrain.

Dr N. J. SANDER, qui a été son compagnon en Arabie Séoudienne de 1938 à 1941 et de 1946 à 1955, a bien voulu retracer, pour ses amis et collègues, les grandes étapes de son existence et dresser la liste de ses publications.

L. DUBERTRET.

MEMORIAL

Richard Allan BRAMKAMP, Chief Geologist for the Arabian American Oil Company, died September 1, 1958, in New-York City after a long and painful illness. He was 48 years old.

Dr. BRAMKAMP went to Saudi Arabia in 1936, before any of the immense oil fields now exploited there had been discovered. Working with the eminent Max STEINEKE, then Chief Geologist, he played a very important part in the discovery of these fields which now can easily produce one million barrels (143,000 metric tons) daily.

In spite of his being associated with a commercial enterprise, Dr. BRAMKAMP was a true scientist, entirely devoted to the work which formed his main interest for many years. When administrative duties became burdensome, he refreshed himself by trips

into the interior of Saudi Arabia where in working out stratigraphic and structural problems he not only relieved the tensions built up by supervisory responsibilities, but broadened the fund of knowledge concerning this vast and geologically almost unknown area. Dr. Bramkamp's acquaintance with the geology of Saudi Arabia was undoubtedly more extensive and complete than that of anyone else.

When he came to Arabia Dr. Bramkamp, « Dick » to all of his close friends, was already a fully trained and thoroughly competent stratigrapher-paleontologist. He attended Pomona College at Claremont, California, majoring in geology. The teachings of Dr. O. A. Woodford of that institution inculcated in him the basic principles of geology and scientific method which were to guide him throughout his professional life. After graduating in 1930, he went to the University of California at Berkeley where under the direction of the late Professor Bruce L. Clark he received the degree of Ph. D. in 1934. Two years later with additional experience as a research fellow in the Museum of Paleontology, he went to work for Standard Oil Company of California.

This company sent him in July of 1936 to Saudi Arabia where he immediately began the study which was to continue for the rest of his life. His first post was supervisor of subsurface geological work. As his competence was recognized, he was given increasingly more responsible positions, and was named Chief Geologist in 1951. He handled the broad and varied assignments given him with outstanding success, as shown by the several large oil fields discovered under his direction.

In spite of his intensive work program, Dick never allowed himself to become so involved in study and administration that he could not spend time with his associates and friends. He was widely informed on many subjects outside his professional interests and was an entertaining conversationalist. He had a great ability to win friends, although he chose to exercise it with discrimination.

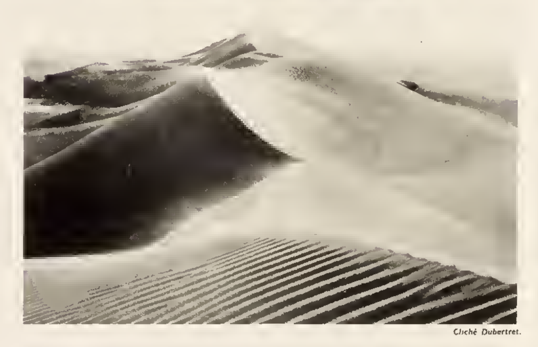
His staff, which eventually grew to some fifty professional men, recognized his unique abilities, and counted it a privilege to be guided by him. He was able to instill in nearly all of his subordinates the desire to emulate his own precise and painstaking methods of research and exploration.

While investigating regional geologic problems of the Middle East during the forties, Dr. Bramkamp met Dr. Louis Dubertret, at that time geological consultant for the French mandate in the Levant. The two, both of that small and select group comprising the dedicated and ardent « Field-man », struck up a warm friendship, terminated only by death. Concrete results of their sharing of interest include *Feuille n° 3* of the *Carte géologique Internationale de l'Afrique* published by l'*Association des Services Géologiques Africains* (in press), and the Fascicule *Peninsule Arabique* which will appaear in volume III (Asie) of the *Lexique Stratigraphique International.*

Dr. Bramkamp's publications are not numerous, but every paper is a fact-filled, completely pertinent and adequate discussion of the subject. In addition, he was an important contributor to the geologic quadrangle maps of Saudi Arabia at 1 : 500,000 which are being published by the United States Geological Survey. The two which



Cliché New-York Times Studio



Cliché Dubertret.

Dr R. A. BRAMKAMP (✝ 1er septembre 1958)
et le Roubh' el Khali, l'un des champs de son activité.

have already appeared : the Northern Tuwayq Quadrangle (1-207 A) and the Southern Tuwayq Quadrangle (1-212 A) both reflect his painstaking and accurate methods.

His writings for the Arabian American Oil Company are voluminous, and include a wide variety of subjects, from purely paleontologic descriptions to regional stratigraphic and structural studies. In all of these reports the commercial aspect of the problems attacked are based on the fundamental facts and interferences derived from detailed and rigorously exact geologic and paleontologic investigations. His great ability, supplemented by his long study of a single area, made him an outstanding authority on the geology of Saudi Arabia, and his work on the classification of the carbonate rocks, completed just before his death, is a substantial contribution to this intricate subject.

Dr. Bramkamp's work involved much travel to the several countries of the Middle East. During one of his trips to Beirut, he met Crystal Linville Warder at that time employed by the Trans-Arabian Pipeline Company. Their acquaintance culminated in romance, and in the fall of 1956 they were married in Colombo, Ceylon. His wife was at his side constantly throughout his long illness.

We who were his friends mourn his loss, and will not forget him either as a man or as a scientist. Kindly, inspiring, openhearted, with an impartial respect for every individual with whom he worked, his earnest and long-continued effort should serve as an example to us all. Although crowned with success after success, Dick was always modest, unassuming, and retiring. His work stands as his monument, and the oil fields of Saudi Arabia are a testimony to its worth.

N. J. Sander.

LISTE DES TRAVAUX

Mesozoic Rocks of Eastern Saudi Arabia, Steineke and ..... *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.* vol. 36, n° 5, p. 909, 1952.

Two Persian Gulf Lagoons (abs.). *Journ. Sed. Pet.*, vol. 25, n° 2, p. 139-140, 1955.

Jurassic Ammonites from Jebel Tuwaiq, Central Arabia, Arkell, with Stratigraphic introduction, by ..... and Steineke. *Phil. Trans., Royal Soc.* London, n° 633, vol. 236, p. 241-313, 1952.

Stratigraphic Relations of Arabian Jurassic Oil, ... and Sander, « Habitat of Oil ». *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, p. 1294-1329, 1958.

The Classification of Arabian Carbonate Rocks, ... and Powers. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 69, n° 10, p. 1305-1316, October 1958.

Geological map of the northern Tuwayq quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia, by .... and L. F. Ramviez. *U. S. Geol. Surv.*, Miscellaneous geologic investigations, map 1-207 A, Washington, 1958.

Geological map of the southern Tuwayq quadrangle [1] etc. by ..... and R. D. Gierhart, G. F. Brown, R. O. Jackson. *Ibid.*, map 1-212 A.

1. Les deux feuilles géologiques du Dj. Tuwayq, à l'échelle de 1/500 000, ont été établies par réduction de minutes à plus grande échelle, dressées d'après des vues aériennes et des relevés au sol ; elles couvrent une aire de 310 × 800 km.

CONTRIBUTION
A LA PARASITOLOGIE AGRICOLE
DU LIBAN

PAR

Y. ARAMBOURG,

Ingénieur Agricole

Ces quelques notes sont le résultat d'observations effectuées directement dans les différentes cultures au Liban durant la période 1953-1955, et constituent les premiers éléments d'une Monographie générale des parasites des cultures au Liban. Pays à orographie et climat très divers, le Liban possède une variété de cultures que peu de pays connaissent et une faune parasitologique d'une extrême diversité, puisqu'on y rencontre des éléments d'Europe septentrionale en mélange avec des espèces circum-méditerranéennes. La tâche du Laboratoire de défense des cultures de la Station de Recherches de Tell-Amara à Rayak est donc vaste, et si un inventaire complet des insectes parasites s'impose tout d'abord, il n'est pas moins vrai que certains problèmes, intéressant en première urgence les agriculteurs libanais, doivent être résolus : c'est le cas, en particulier de *Laspeyresia pomonella*, parasite majeur des pommes et des *Acariens*, parasites des agrumes. Les traitements exécutés trop empiriquement à l'heure actuelle doivent pouvoir s'appuyer sur des bases sérieuses résultant d'études biologiques approfondies. C'est le travail important, déjà ébauché, qui attend dans l'avenir les ingénieurs libanais avec lesquels nous avons eu le plaisir de collaborer, M. R. Traboulsi, M. H. el Halie, M. R. Ghosn, auxquels nous adressons nos plus sincères remerciements pour l'aide qu'ils nous ont toujours apportée. Qu'il nous soit également permis d'exprimer toute notre gratitude à M. le directeur général de l'Agriculture A. Chamoun, auprès duquel nous avons constamment trouvé l'accueil et les encouragements les plus bienveillants.

La majorité des déterminations a été effectuée au Laboratoire de défense des cultures de la Station; certaines nous ont été aimablement faites par d'éminents spécialistes

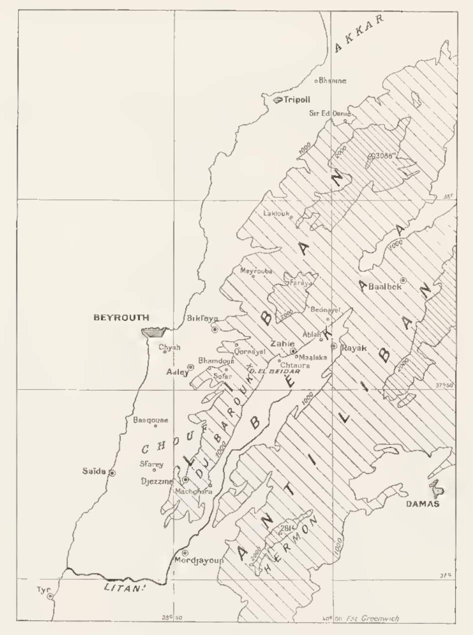


Fig. 1. — Liban : Localités citées. Ech. 1 : 1.000.000.

comme M. A. Balachowsky, chef de service à l'Institut Pasteur, ou par des Établissements spécialisés comme le Laboratoire d'Entomologie du Muséum National d'Histoire Naturelle, auxquels nous exprimons notre vive reconnaissance.

Nous sommes également heureux d'adresser nos sincères remerciements à M. le professeur VAYSSIÈRE qui a eu l'extrême obligeance de nous faire accorder par le Muséum National d'Histoire Naturelle un titre de mission qui nous a facilité dans une large mesure notre tâche au Liban.

LISTE DES PARASITES OBSERVÉS

NÉMATODES

Heterodera Marioni CORNU.

Largement distribué sur la côte libanaise aux environs de Beyrouth, de Tripoli ; ses attaques sur les cultures maraîchères, tomates, aubergines, sont importantes ; se trouve aussi en Békaa, où certains champs semblent fortement contaminés.

ACARIENS

Eriophes pyri PAGST.

Nous avons noté une très violente attaque de ce parasite dans une pépinière de poiriers aux environs de Rayak en Békaa, où de nombreux scions ont été perdus; nous avons noté également sa présence aux environs de Djezzine.

Eriophyes vitis PAGST.

Bien que d'intérêt relativement secondaire, ce parasite est très répandu au Liban, que ce soit dans les vignobles de la côte ou de la Békaa.

Eriophyes tristriatus v. *erineus* NALEPA.

Assez commun dans tous les vergers, en particulier dans la région de Djezzine.

Vasates destructor KEIFER.

Cette acariose de la tomate a été trouvée en Békaa aux environs de Rayak.

Bryobia praetiosa KOCH.

Fortes attaques dans tous les vergers de pêchers, où sa pullulation semble accrue depuis l'introduction de certains insecticides de synthèse dans la lutte contre *Ceratitis capitata* (WIED) ; nous l'avons observé surtout dans les régions de Bikfaya et de la vallée du Chouf, centres principaux de la culture du pêcher, mais il est certainement répandu dans tout le Liban.

Tetranyques sp.

Les déterminations des différentes espèces nuisibles sont en cours.

ORTHOPTÈRES

Gryllotalpa gryllotalpa L.

Très abondant partout, ses dégâts sont souvent importants.

Plusieurs espèces d'Acridiens sont présentes au Liban sans toutefois se montrer nuisibles aux cultures.

HÉMIPTÈRES

Eurygaster integriceps Put.

Si cette punaise n'a pas au Liban l'importance qu'elle acquiert en Syrie, elle est cependant relativement fréquente et nous l'avons trouvée en assez grand nombre sur des céréales en Békaa aux environs de Rayak.

Eurydema oleracea L.

Rencontré aussi bien sur la côte qu'en Békaa ; où sa faible pullulation ne lui permet pas de faire de gros dégâts.

Eurydema ventralis Kol.

En mélange avec la précédente.

Tingis pyri Geoff.

Assez commun dans tous les vergers de pommiers et de poiriers ; nous l'avons également rencontré sur cerisiers à Zahlé.

Psylla mali Smdb.

Attaques en général peu importantes ; région de Faraya.

Psylla olivina Costa.

Trouvé dans la région de Saïda, où ses attaques ne présentaient aucun caractère de gravité.

Quadraspidiotus ostreaeformis Curtis.

Observé dans la presque totalité des vergers de poiriers en montagne comme en Békaa, où il se montre plus ou moins nuisible suivant son intensité.

Quadraspidiotus perniciosus Comst.

A été trouvé en Békaa aux environs de Bednayel ; il ne semble pas pour le moment être très répandu, mais il est à craindre de le voir prendre de l'extension en raison de l'accroissement considérable de la culture du pommier ; il serait souhaitable que des mesures énergiques soient prises pour l'éradication totale des foyers existants.

Ceroplastes sinensis Del Guercio.

Peu fréquent dans les vergers d'agrumes; nous l'avons cependant observé durant toute la saison dans la région de Tyr, de Saïda (où il se trouve aussi sur néflier) et de Beyrouth.

Chrysomphalus ficus Ashm.

Cochenille la plus fréquente à l'heure actuelle des vergers d'agrumes. On la rencontre sur toute la côte ; toutefois elle semble moins importante dans la région de Tyr. Quelques prédateurs (*Chilocorus bipustulatus*) limitent dans une certaine mesure son extension.

Chrysomphalus dictyospermi Morg.

Observé surtout dans les vergers des environs de Saïda, oú il reste cependant bien moins fréquent que *C. ficus*.

Coccus hesperidum L.

Un peu partout, mais peu fréquent ; nous l'avons en particulier trouvé sur bégonias á Tripoli.

Diaspis Leperii Sign.

Très forts encroûtements observés dans un verger de pommiers aux environs de Chtaura en Békaa.

Icerya purchasi Mask.

Peu fréquent dans les vergers d'agrumes ; observé dans les régions de Saïda, Beyrouth, Tripoli ; mais sa pullulation est fortement limitée par la présence de *Novius cardinalis* qu'on trouve en plus ou moins grande abondance dans tous les vergers.

Lepidosaphes citricola Pack.

Une petite colonie trouvée dans un verger de mandariniers à Chyah.

Pseudococcus citri Risso.

De peu d'importance malgré sa présence dans tous les vergers.

Parlatorea oleae Colvee.

Sur poiriers et pommiers un peu partout ; montagne, Békaa.

Saissetia oleae Colvee.

Commun dans toutes les oliveraies de Beyrouth et de Tripoli, mais sans importance économique.

Saissetia hemispherica Targ.

Attaques sur cyccas en serre à Tripoli.

Aphis gossypii Kalt.

Les nombreuses attaques sur melons et pastèques en Békaa provoquent souvent des dégâts importants.

Aphis maydis Fitch.

Trouvé chaque année dans les champs de maïs en Békaa et sur la côte.

Aphis pomi L.

Très commun dans tous les vergers de pommiers malgré les nombreux traitements effectués contre le Carpocapse avec les esters phosphoriques.

Aphis rumicis L.

Ses fortes attaques sur haricots obligent les producteurs à effectuer un ou plusieurs traitements ; répandu partout.

Anuraphis cardui L.

Un peu partout sur la côte : Chyah, Djezzine.

Brevicoryne brassicae L.

Très fréquent dans les cultures maraîchères de la côte : Beyrouth, Saïda ainsi qu'en Békaa (Rayak).

Chromaphis juglandicola Kalt.

Quelques petites colonies sur noyers aux environs de Djezzine.

Dentatus Reaumuri Mord.

Quelques attaques assez faibles dans les régions de Faraya, Bikfaya et en Békaa. Les colonies sont toujours fortement parasitées par les larves de Coccinelles et de Syrphes (en cours de détermination).

Eriosoma lanigerum Hausm.

Sans doute le Puceron le plus répandu dans les vergers et le plus dangereux.

Hyalopterus arundinis F.

C'est le plus important, avec le précédent, des Aphides parasites des cultures fruitières. Il est très répandu sur pêchers, abricotiers, amandiers, pruniers ; il fait son apparition vers le mois de juin, envahissant des vergers entiers ; nous l'avons trouvé en Békaa aux environs de Rayak, d'Ablah, de Zahlé, de Baalbeck, en montagne à Bikfaya ainsi que dans la vallée du Chouf.

Myzodes persicae Sulz.

Moins répandu que le précédent ; on le trouve parfois cependant en colonies nombreuses : Bikfaya ; on le rencontre également un peu partout sur pommes de terre, sauf celles cultivées en altitude, ainsi à Laklouk, 1 500 m.

Myzus cerasi F.

En Békaa, aux environs de Zahlé, de Maalaka, commun dans tous les vergers de cerisiers.

Phylloxera vastatrix Pl.

Sa présence a été constatée aux environs de 1910 dans le sud du Liban, venant sans doute d'Israël. Après avoir détruit tous les vignobles de cette région, il s'étendit vers le nord en direction de la Békaa, où il commet ses ravages à l'heure actuelle. La chaîne des monts Liban a jusqu'à présent empêché sa propagation vers les vignobles de la côte, mais depuis peu il semble avoir franchi le col du Baïdar, puisqu'on le trouve à Bhamdoun, sur le versant méditerranéen.

Pterochlorus persicae Chodolk.

Observé en nombreuses colonies sur les troncs et les grosses branches de pêchers dans les régions de Djezzine, de Bikfaya, de Machgara, de Zahlé ; nous l'avons aussi trouvé sur abricotiers à Rayak. Il semble se montrer très sensible aux esters phosphoriques.

Toxoptera aurantii Koch.

Quelques petites colonies observées çà et là dans les vergers d'agrumes de la côte: Beyrouth, Saïda, Tyr, Tripoli.

LÉPIDOPTÈRES

Aporia crataegi L.

Nombreuses colonies sur pommiers à Faraya, Bikfaya, Rayak.

Blastodacna atra Haw.

Observé dans un verger de poiriers aux environs de Rayak.

Clysia ambiguella Hb.

Une attaque notée à Bikfaya sur vigne en treille.

Cossus cossus L.

Un peu partout dans les vergers de pommiers : Faraya, Rayak, bien que peu fréquent. Contrairement au cycle européen, il semble que la chenille adulte quitte l'arbre à l'automne pour son lieu de nymphose.

Earias insulana Boisd.

Très violentes attaques dans les champs de coton de la plaine du Akkar, qui ont diminué les rendements de 40 à 60 %.

Laphygma exigua Hb.

Attaque importante sur tabac dans la région de Tyr.

Laspeyresia pomonella L.

Nous avons effectué nos observations biologiques en Békaa, aux environs de Chtaura. Les vols étaient contrôlés par piégeage direct au moyen d'une solution mélassée et grâce à des élevages partant des larves hivernantes, destinés surtout à nous donner une indication précise sur les premières apparitions printanières de papillons ; les chenilles hivernantes étaient récupérées sous des bandes-pièges disposées à la fin de la campagne précédente.

En 1955 les premières nymphoses de chenilles hivernantes commencèrent le 19 avril et se prolongèrent jusqu'au 20 mai. En élevage, les adultes de la première génération apparurent le 10 mai et les éclosions se succédèrent jusqu'au 2 juin. Dans la nature, les éclosions eurent quelques jours de décalage et les premiers papillons furent capturés le 14 mai. Cette première génération s'étendit jusqu'au 23 juin, le vol maximum se situant le 25 mai, soit 40 jours après la pleine floraison. Les pontes des papillons de première génération débutèrent le 30 mai et les chenilles commencèrent à quitter les fruits le 23 juin ; la nymphose commença le 27 juin. Les adultes de deuxième génération apparurent en élevage le 8 juillet, à la même date que dans la nature. Cette seconde génération, importante en 1955, dura jusqu'au 20 août, avec des maxima de vol les 18 juillet et 12 août. Les pontes débutèrent le 11 juillet et les premières sorties des chenilles commencèrent le 13 août ; la totalité des chenilles de cette deuxième génération se mit en diapause hivernale : il n'y eut pas, pour l'année 1955, en Békaa, de troisième génération.

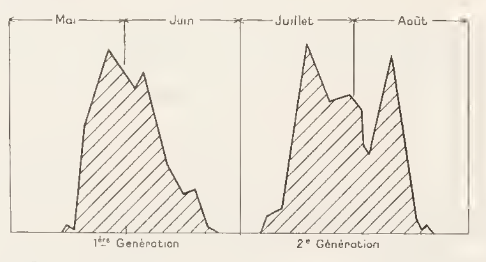


Fig. 2. — Courbe de vol de *Laspeyresia pomonella* L. à Chtaura (Békaa) en 1955.

Tel est rapidement esquissé le cycle de *Laspeyresia pomonella* en Békaa ; il pourrait se schématiser par le graphique fig. 2.

Des observations ultérieures effectuées régulièrement chaque année permettront de délimiter exactement les variations de ce cycle et de préciser certains points. D'autre

part ces observations ont été réalisées dans un verger de Békaa ; il est certain qu'il doit exister des différences importantes dans les vergers situés en montagne, de 600 à 1 800 m, sur le versant méditerranéen.

Lycoena boetica L.

Attaques sur petits pois en Békaa et aux environs de Tripoli.

Phlorimea operculella Zett.

Attaques souvent graves sur les pommes de terre conservées en clayettes.

Pieris brassicae L.

Présence de larves durant toute la saison jusqu'en novembre, date á laquelle on trouvait encore des jeunes chenilles sur choux en Békaa.

Prays oleaellus Hb.

Dans les oliveraies du sud du Liban, aux environs de Saïda, une très forte attaque au moment de la floraison a réduit la récolte de 1951 dans de fortes proportions ; beaucoup plus rare dans le nord du pays ; très sporadique dans l'ensemble.

Prodenia litura F.

Attaque importante sur tabac aux environs de Tyr et sur tomates à Rayak.

Rhyacia ypsilon Rott.

En mélange avec la précédente á Tyr.

Saturnia pyri L.

Trés fortes attaques en 1953 en Békaa, ainsi qu'à Faraya et Bikfaya, où certains arbres ont été totalement dépouillés de leurs feuilles ; depuis, attaques beaucoup plus clairsemées.

Vanessa cardui L.

Fréquemment rencontré dans les cultures maraîchéres de la côte, en particulier à Chyah et á Sfarey.

Zeuzera pyrina L.

Trés redoutable parasite des arbres fruitiers á pépins, la *Zeuzère* est répandue partout à quelque altitude que ce soit ; elle attaque toutes les variétés et plusieurs individus peuvent se trouver à la fois dans le tronc et les branches charpentiéres.

COLÉOPTÈRES

Agrilus sp.

Parasite secondaire trouvé sur pêchers dépérissants dans la région de Zahlé en Békaa.

Anoxia asiatica Desb.

Remplace au Liban *Melolontha melolontha* L.; il est assez peu fréquent et ne peut pas être considéré comme un parasite important ; nous l'avons trouvé sur la côte aux environs de Tripoli (Bahnine) ; son apparition a lieu au mois de juin.

Aurigena chlorana Cast. et Gory.

A été trouvé en Békaa dans un verger des environs de Chtaura où il parasite uniquement les pruniers.

Bruches.

Plusieurs espèces (en cours de détermination) attaquent les lentilles, fèves, féverolles et les vesces.

Calandra granaria L.

Nombreux entrepôts de blé attaqués par ce parasite.

Capnodes.

Un certain nombre d'espèces, toutes parasites, ont pu être déterminées :

Capnodis tenebrionis L.
Capnodis carbonaria Klug.
Capnodis porosa Klug.
Capnodis cariosa Pall.

Leurs dégâts sont importants sur abricotiers, pêchers, amandiers et pruniers dans les régions de Djezzine (Sfarey), de Bikfaya et en Békaa; toutes ces espèces sont en mélange et ne semblent pas inféodées à une essence plutôt qu'à une autre.

Capnodis miliaris Klug.

Les jeunes plantations de peupliers de Békaa ont souvent à souffrir des attaques importantes de ce Capnode.

Cerambyx dux Fald.

Attaques sur pruniers à Bikfaya ; nous l'avons trouvé en très grand nombre sur pommiers en Békaa, aux environs de Chtaura; on le prenait soit directement sur les arbres, où nous avons pu observer son accouplement et sa ponte dans les anfractuosités des écorces, soit dans les pots-pièges amorcés à la mélasse et qui nous servaient au contrôle de *Laspeyresia pomonella* ; les sorties commencent fin mai pour atteindre leur maximum vers le 12 juin et décroître pour disparaître au mois de juillet.

Choleophorella quadrinotata Klug.

Trouvé aux environs de Djezzine, où il parasite les pêchers.

Epilachna chrysomelina F.

Attaques de peu d'importance sur pastèques aux environs de Tripoli.

Orizaephilus surinamensis L.

Commun dans les entrepôts de grains.

Phloeotribus scarabeoides Bern.

Nous avons observé d'importantes attaques dans les oliveraies de la région de Beyrouth et de Saïda ; il semble par contre que l'oliveraie de Tripoli soit moins atteinte.

Ptosima flavoguttata Ill.

Rencontré sur abricotiers à Baalbeck et sur pruniers aux environs de Chtaura.

Rhynchites syriaca Desbr.

Très fortes attaques à Baalbeck sur les abricots qui présentaient des morsures nombreuses et profondes.

Scolytus mediterraneus Eichh.

Cerisiers attaqués à Kornayel.

Scolytus rugulosus Ratz.

Répandu partout au Liban sur pommiers et poiriers.

Sinoxylon sexdentatum Oliv.

Quelques sarments de vigne attaqués nous ont été adressés des environs de Chtaura.

Steraspis squamosa ssp. *kindermanni.*

Assez peu fréquent ; ce Buprestide a été trouvé parasitant les pêchers aux environs de Djezzine.

Tribolium castaneum Herbst.

Fréquent dans les dépôts de son des minoteries et des magasins.

Tribolium confusum Duv.

En mélange avec le précédent.

DIPTÈRES

Ceratitis capitata Wied.

Existe sur agrumes, pêchers, abricotiers, plaqueminiers et poiriers en Békaa comme sur la côte.

Dacus oleae Rossi.

Environ 70 % de la récolte d'olives sont parasités ; aucun traitement n'est pratiqué.

Hylemia antiqua Meig.

Les centres producteurs d'oignons de Békaa supportent chaque année les attaques importantes de ce Diptere. Les traitements à base de zeidaue donnent de bons résultats

Oligotrophus bergenstammi Wachtl.

Décrit par Wachtl en 1882 de Corfou, cette Cécidomye a été signalée d'Italie, de Grece, puis de Syrie en 1941 par M. Talhouk. Au Liban, M. Adel Abou Nasser en 1941, puis en 1945, l'a signalée des environs de Bikfaya, Meyrouba, Aley, Sofar, Sir ed-Danié, Bakoun. Nous avons nous-même constaté sa présence dans les stations ci-dessus mentionnées ainsi que dans les régions de Faraya, en Békaa aux environs de Rayak, de Chtaura et á Djezzine; l'insecte est très largement répandu au Liban.

Sa présence sur les poiriers, jeunes ou âgés, se manifeste par la formation de nombreuses galles á la hauteur des bourgeons qui augmentent de volume suivant la densité de l'attaque. Ces galles affectent des formes variables plus ou moins arrondies ou coniques, assez fortement plissées, présentant un grand nombre de loges nymphales toutes dirigées perpendiculairement á la surface ; dans une galle de la grosseur d'une noix nous avons pu dénombrer 42 loges.

La longueur de l'insecte varie de 2,9 mm à 3,1 mm, sans qu'il soit possible de trouver une différence appréciable entre les deux sexes. La tête et le thorax sont noirs ainsi que les pattes, l'abdomen plus ou moins rougeâtre, garni de nombreux poils noirs. Les ailes sont uniformément blanches, translucides et recouvertes d'une fine pilosité de même couleur. La tête est aplatie d'arrière en avant, presque uniquement occupée par les yeux qui se rejoignent au-dessus du vertex. Les antennes, un peu plus courtes que la moitié du corps, sont uniformément brun clair et composées de 20 articles (voir la figure ci-contre), le premier globuleux, les suivants cylindriques ; ils sont

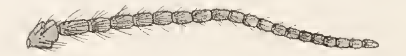


Fig. 3, — Antenne de *Oligotrophus bergenstammi* Wachtl. × 100.

recouverts d'une pilosité abondante et ornés de nombreux spicules ; les tarses sont à 5 articles, les ongles sont forts, l'empodium développé. Eu laboratoire les premières éclosions eurent lieu dès la mi-mars et se prolongèrent jusqu'à la mi-avril, tandis qu'en montagne, á une altitude de 1.300 m, nous notions une sortie massive d'adultes le 22 avril sur l'arbre où nous avions prélevé les échantillons mis en observation á la Station (900 m).

La proportion de mâles est très supérieure á celle des femelles ; c'est ainsi que pour 246 mâles nous n'avons trouvé que 53 femelles, soit un peu plus de 20 %. Comme

l'a signalé M. Adel Abou Nasser, un prédateur naturel semble se montrer actif : c'est un Hyménoptère chalcidien, *Oxyglypta rugosa* Rusika. Nous avons obtenu jusqu'à 80 % de nymphes parasitées. Il semble qu'il n'y ait qu'une seule génération par an.

HYMÉNOPTÈRES

Caliroa limacina Retz.

Rencontré en Békaa aux environs de Zahlé sur cerisiers.

Hoplocampa sp.

Attaque sur pruniers à Zahlé en Békaa.

Cette nomenclature n'a nullement la prétention d'être complète ; de nombreux parasites, dont nous avons pourtant observé les dégâts n'ont pu être capturés et ne figurent pas dans cette Monographie. D'autre part nous avons passé sous silence certains insectes du sol, en particulier *Elatérides* et *Scarabéides*, dont l'intérêt est secondaire ; les Élatérides sont peu fréquents et nous n'avons jamais noté de dégâts. Les larves de Scarabéides abondent en général dans le fumier de chèvre et sont pour la plupart des larves de *Cetoniitae* saprophages. Parmi les *Orthoptères* nous avons volontairement omis les *Acridiens* qui, quoique présents au Liban, ne sont que des reliquats solitaires des vols venant d'Arabie Séoudite et de Jordanie.

Le problème qui semble devoir être important est celui des Xylophages : *Zeuzera pyrina* sur les arbres à pépins (pommiers) et les *Buprestides* ; parmi ceux-ci, *Capnodis miliaris* sur peupliers tend à s'étendre dangereusement en raison de l'accroissement des jeunes peupleraies. Sur arbres fruitiers à noyaux, les autres *Buprestides* ne doivent pas être négligés à une époque où l'agriculture libanaise se tourne résolument vers l'arboriculture ; il serait souhaitable que des méthodes de lutte soient mises au point contre ces parasites, toujours considérés comme secondaires, mais dont l'importance semble s'accroître régulièrement.

Manuscrit reçu en octobre 1955.

BIBLIOGRAPHIE

ABOU NASSER A. — *Les Insectes nouveaux au Liban ; Oligotrophus bergenstammi.* Librairie Sader, Beyrouth, 1949.

— *Liste des Insectes nuisibles aux cultures au Liban.* Beyrouth, 1951.

— *Les Aphidiens du Liban.* Minist. agric. Liban, 1951.

BALACHOWSKY A. — *Les Cochenilles de France, d'Europe, du Nord de l'Afrique et du Bassin méditerranéen.* Hermann, éditeur, Paris, 1937-1938-1939-1948-1950-1951.

BALACHOWSKY A. et MESNIL L. — *Les Insectes nuisibles aux plantes cultivées.* Paris, 1935.

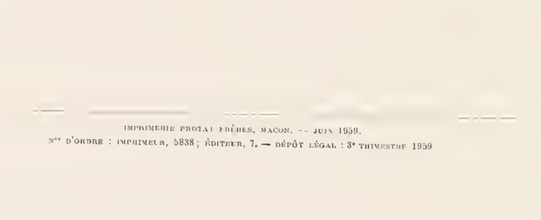
BONNEMAISON L. — *Les parasites animaux des plantes cultivées et des forêts.* Société d'édition des Ingénieurs agricoles. Paris, 1953.

IMMS A. D. — *A general textbook of Entomology.* Methven et Co, London, 1951.

LEPESME P. — *Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés.* Encyclopédie entomologique. Lechevalier, Paris, 1944.

TABLE DES MATIÈRES





IMPRIMERIE PROTAT FRÈRES, MACON. — JUIN 1959.
N°s D'ORDRE : IMPRIMEUR, 5838 ; ÉDITEUR, 7. — DÉPÔT LÉGAL : 3e TRIMESTRE 1959